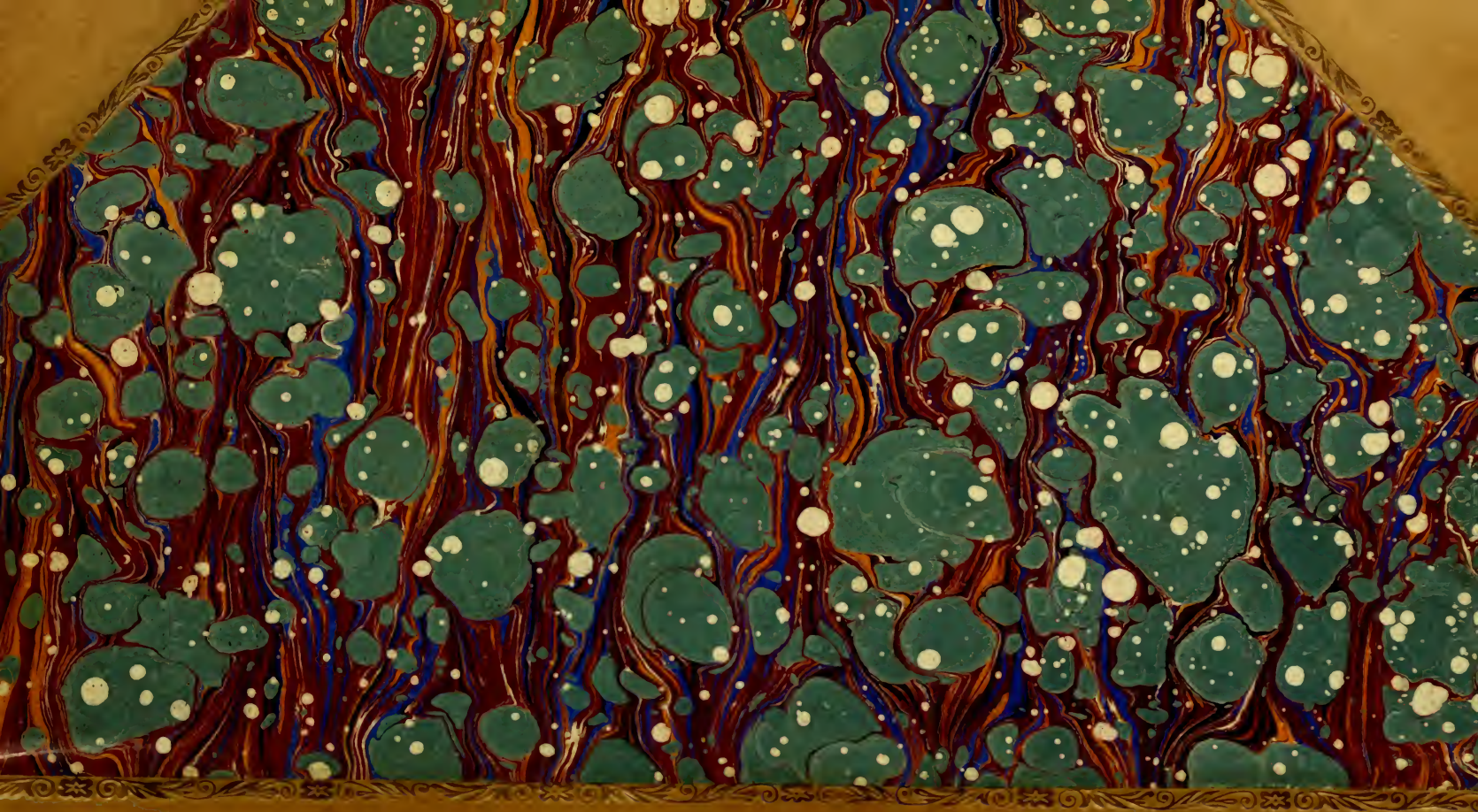


*Hd 2.11

R52572

Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/b2192532x

LEHRBUCH

DER

MIKROPHOTOGRAPHIE

VON

Dr. RICHARD NEUHAUSS.

ROYAL COLLEGE OF PHYSICIANS, EDINR. LIBRARY

Mit 61 Abbildungen in Holzschnitt,
4 Autotypien, 2 Tafeln in Lichtdruck und 1 Photogravüre.

BRAUNSCHWEIG
HARALD BRUHN
Verlagsbuchhandlung für Naturwissenschaft und Medicin.
1890.

Alle Rechte vorbehalten.

Seit dem im Jahre 1866 erfolgten Erscheinen des vortrefflichen Werkes von Moitessier, welches durch Benecke in's Deutsche übertragen wurde, ist kein ernstlicher Versuch unternommen, die von Jahr zu Jahr sich mehrende Literatur über Mikrophotographie zusammenzufassen und zu sichten. Die seit jener Zeit erschienenen, mehr oder minder umfangreichen Schriften über Mikrophotographie begnügen sich mit der Beschreibung einzelner Apparate und Methoden, wobei den eigenen Erfindungen vom Autor ein über die Gebühr breiter Raum bewilligt wird.

Der Mangel eines Lehrbuches konnte nicht verfehlen, auf die mikrophotographische Literatur bis in die neueste Zeit hinein den nachtheiligsten Einfluss ausüben. Der Autor von heute kennt zumeist nicht den Autor von gestern, und man schreibt und empfiehlt, was schon vor einem Menschenalter geschrieben und — verworfen ist.

In vorliegender Arbeit wurde versucht, die geschichtliche Entwicklung der mikrophotographischen Apparate und Methoden zur Darstellung zu bringen und zu zeigen, wie man allmählich zu unseren brauchbaren Methoden gelangte. Verfasser war nach Kräften bemüht, jedem Autor zu seinem Rechte zu verhelfen und jedes Einzelnen Verdienste zu würdigen. Wenn hierbei in nicht seltenen Fällen der Ruhm für Einführung bedeutsamer Neuerungen Anderen als bisher zugesprochen wird, so können darüber nur Diejenigen ungehalten sein, welche es lieben, die Verdienste Anderer sich selbst anzurechnen.

Sollten in der Darstellung Irrthümer sich eingeschlichen haben, so dürfen wir den überaus grossen Umfang des zu bewältigenden Materials als Entschuldigung anführen.

Es bedarf nicht besonderer Erwähnung, dass überall möglichst auf die Originalarbeiten zurückgegriffen und diese — nicht etwa ihre Uebersetzungen — als Quelle angegeben wurden.

Der erste Abschnitt bespricht den mikrophotographischen Apparat; in dem zweiten lassen wir die für die Mikrophotographie verwendbaren Objektive und Okulare in ihrer Entwicklung aus den dürftigsten Anfängen bis zu den vortrefflichen Apochromaten an unserem geistigen Auge vorüberziehen. Fernere Abschnitte behandeln die Lichtarten, die Entwicklung der Beleuchtungsmethoden, die Fortschritte im Negativ- und Positiv-Verfahren und eine grössere Reihe anderer Dinge, die im Laufe der Jahre bedeutende Wandlungen durchmachten.

An dieser Stelle sei Herrn Dr. Wilhelm Julius Behrens in Göttingen für die eifrige Förderung des Werkes und die grossen Dienste, welche er besonders bei Beschaffung der nothwendigen Literatur leistete, von Herzen Dank ausgesprochen.

Berlin 1890.

Dr. R. Neuhauss.

INHALT.

Erster Abschnitt.

Der mikrophotographische Apparat.

1. Geschichtliche Entwicklung der Apparate.

Sonnenmikroskop S. 1. — Verfahren von Davy S. 1. — Photomikroskop von Mayer S. 2. — Apparat von Pohl und Weselsky S. 3. — Apparat von Gerlach S. 5. — Apparat von Möller S. 6. — Kleiner vertikaler Apparat von Neuhauss S. 7. — Apparat für schwache Vergrösserung von Gerlach S. 7. — Apparat von Harting S. 8. — Apparat von Möller und Emmerich S. 9. — Moitessier's Apparat für kleine Bilder S. 10. — Kassette für acht Aufnahmen von Benecke S. 10. — Moitessier's vertikaler Apparat für direkte starke Vergrösserung S. 11. — Vertikales Mikroskop und horizontale Kamera nach Moitessier S. 11. — Moitessier's horizontaler Apparat S. 12. — Grosser Apparat von Benecke auf parallaktischem Stativ S. 13. — Apparat von Fritsch S. 14. — Trichterförmiges Zwischenstück nach R. Koch S. 16. — Universalapparat von Fritsch S. 16. — Hooke'scher Schlüssel S. 17. — Verschiedene Arten der Einstellscheibe S. 19. — Lichtdichte Verbindung zwischen Kamera und Mikroskop S. 21. — Verlängerung der Mikrometerschraube nach Neuhauss S. 22. — Apparat von Klönne & Müller S. 23. — Gesonderte Aufstellung von Mikroskop und photographischer Kamera S. 23. — Mikroskopstativ für Mikrophotographie von Zeiss S. 24. — Grosser mikrophotographischer Apparat von Zeiss S. 26. — Kleiner Apparat von Zeiss S. 28. — Zimmerapparat von Woodward S. 29. — Apparat von Nachet S. 30.

2. Allgemeine, bei Anschaffung eines mikrophotographischen Apparats massgebende Gesichtspunkte.

Kostenpunkt S. 31. — Balgen-Länge und Weite S. 32. — Nebenlicht S. 32. — Trennung von Mikroskop und Kamera S. 33. — Visirscheibe und Verlängerung der Mikrometerschraube S. 33. — Mikroskopstativ S. 33. — Stellung der Tubus-Achse S. 34. — Weiter Tubus S. 34. — Gang der Mikrometerschraube S. 34. — Tubuslänge S. 35. — Hilfsapparate: Schlitten-Objektivwechsler S. 35. — Beweglicher Objekttisch S. 36. — Markirapparat S. 37.

3. Die Aufstellung des mikrophotographischen Apparats.

Aufstellung nach Zeiss S. 38. — Untere Geschosse der Häuser S. 38. Lage nach Süden S. 38. — Unterlagen von Filz S. 39. — Transportabeles Arbeitshäuschen nach Benecke S. 39.

Zweiter Abschnitt.

Objektive und Okulare.

1. Allgemeines.

Oeffnungswinkel und numerische Apertur S. 41. — Abbildungsvermögen der Objektive S. 43. — Tiefenzeichnung S. 43. — Begrenzungsvermögen S. 44. — Sphärische und chromatische Abweichung S. 44. — Sekundäre Farbenabweichung S. 45. — Vollkommene Achromasie S. 45. — Versuche von Barlow, Abbe und Zenger S. 45. — Flussspath-Linsen S. 46. — Die Apochromate von Zeiss S. 47.

2. Die Projektion des Bildes.

Davy's Verfahren S. 47. — Aufnahme mit Objektiv und Okular S. 48. — Bestimmte Tubuslänge S. 48. — Photographische Objektive von Wales, Gundlach, Seibert & Krafft und Zeiss S. 50. — Woodward's Amplifier S. 51. — Projektions-Okulare von Zeiss S. 51. — Projektions-Okular nach Neuhauss S. 53. — Aufnahme mit Objektiv, Okular und Landschaftslinse S. 55.

3. Die Fokusdifferenz.

Begriff derselben S. 55. — Verfahren von Bertsch und Harting S. 56. — Verfahren von Reichardt und Stürenburg S. 57. — Wenham's Korrektionsmethode S. 58. — Verwendung von einfarbigem Licht S. 59. — Prisma von Brewster S. 59. — Prismen von Hartnack und Prazmowski S. 59. — Farbige Gläser S. 60. — Absorptionsküvetten S. 60. — Schusterkugel S. 60. — Fehling'sche Lösung S. 61. — Kupferoxyd-Ammoniak-Filter S. 62. — Aesculin-Lösung S. 63. — Pikrin-Filter S. 63. — Zettnow'sches Filter S. 63. — Hydrochinon-Filter S. 64. — Aufstellung der Absorptionsküvetten S. 64. — Sensitometer-Versuch von Neuhauss S. 65. — Einfluss der Lichtart S. 66. — Systeme ohne Fokusdifferenz S. 66.

4. Die Vergrösserung.

Steigerung der Vergrösserung mit Hilfe der Photographie S. 67. — Wahl der Vergrösserung S. 69. — Objektive für verschiedene Vergrösserungen S. 69. — Berechnung der Vergrösserung S. 70. — Durchmesser des Bildes auf der Platte S. 73.

Dritter Abschnitt.

Die Lichtquelle.

1. Allgemeines.

Einfluss der Wellenlänge S. 74. — Intensität, gleichmässige Helligkeit und Ruhe des Lichts S. 75. — Grösse der leuchtenden Fläche S. 76.

2. Sonnenlicht.

Wellenlänge S. 77. — Ultraviolettes Licht S. 78. — Intensität S. 78. — Wärmeentwicklung S. 78. — Wechselnde Helligkeit S. 79. — Spiegel und Heliostat S. 79. — Diffraktionssäume S. 81. — Unbeständigkeit des Sonnenlichts S. 81. — Diffuses Tageslicht S. 81.

3. Die künstlichen Lichtquellen.

Eintheilung derselben S. 82. — Elektrisches Bogenlicht S. 82. — Anordnung nach Zeiss S. 83. — Elektrisches Glühlicht S. 84. — Werth desselben S. 87. — Magnesiumlicht S. 87. — Ungleichmässige Helligkeit S. 87. — Kosten S. 88. — Magnesium-Pustlicht S. 88. — Blitzlicht S. 89. — Blende und matte Scheibe S. 90. — Gelbes Magnesiumlicht S. 90. — Magnesium-Talgkerzen S. 91. — Zink-Sauerstoff-Licht S. 91. — Aluminium-Sauerstoff-Licht S. 91. — Petroleumlicht S. 91. — Wahl und Aufstellung der Lampe S. 91. — Werth desselben S. 92. — Leuchtgas S. 93. — Drummond'sches Kalklicht S. 93. — Herstellung des Sauerstoffs und Wasserstoffs S. 94. — Spiritus und Aetherdämpfe S. 95. — Benzolin-Kalklicht S. 96. — Karbonisiren des Leuchtgases S. 96. — Magnesialicht S. 97. — Linnemann'sche Brenner S. 97. — Zirkonlicht S. 97. — Auer's Gas-Glühlicht S. 98 — Ligroin-Glühlicht S. 99. — Phosphor- und bengalisches Licht S. 100. — Mängel aller künstlichen Lichtquellen S. 100.

Vierter Abschnitt.

Die Beleuchtung.

1. Beleuchtung mit durchfallendem Licht.

a. Allgemeines über den Strahlengang bei Anwendung von Planspiegel, Hohlspiegel und Sammellinse. Wirkung der Blenden.

Oeffnung des einfallenden Lichtkegels S. 103. — Planspiegel und Hohlspiegel S. 104. — Blenden S. 104. — Parallele Strahlen S. 105. — Wirkung der Sammellinsen S. 106. — Das Condensiren des Lichts S. 106. — Objekt im Brennpunkt der Linse S. 107. — Schiefe Beleuchtung S. 108. — Mikroskopirlampen S. 108.

b. Einfluss der Breite des Beleuchtungskegels auf das Bild.

Kleine Aperturen S. 109. — Bei gefärbten Präparaten grosse Aperturen S. 110. — Beste Abbildung der Geisselfäden S. 110. — Tiefenzeichnung und ebenes Gesichtsfeld S. 110. — Diffraktionssäume S. 111.

c. Entwicklung der Beleuchtungsapparate.

Kondensoren von Bonannus und Hartsöker, Wollaston und Brewster S. 112. — Dujardin's Kondensor S. 112. — Einrichtungen von Amici und Ross S. 112. — Beleuchtung mit Mikroskopobjektiven S. 113. — Achromatischer Kondensor von Powell & Lealand S. 113. — Abbe'scher Beleuchtungsapparat S. 113. — Achromatischer Kondensor von Zeiss S. 115. — Genaue Centrirung S. 116. — Iris-Blende S. 116.

d. Geschichtliches über die Beleuchtung der Objekte bei mikrophotographischen Aufnahmen.

Falsche Vorstellungen über Beleuchtung S. 117. — Beleuchtung bei den alten Sonnenmikroskopen S. 118. — Gerlach's Beleuchtung S. 118. — Verfahren von Moitessier S. 119. — Projektion des Bildes der Lichtquelle in das Objekt S. 119. — Benecke's Verdienste S. 120. — Reichardt und Stürenburg's Ansichten S. 122. — Verfahren von Fritsch und Koch S. 122. — Jeserich's Beleuchtung S. 123. — Zeiss' Special-Katalog S. 124.

e. Specielles Verfahren bei Beleuchtung der Objekte.

Genaue Centrirung S. 125. — Beleuchtung bei ganz schwachen Objektiven S. 125. — Schutz vor Oberlicht S. 126. — Projektion des Bildes der

Lichtquelle in die Objektebene S. 126. — Die matte Scheibe S. 127. — Beleuchtung mit grosser Sammellinse S. 128. — Schusterkugel S. 129. — Grosse Sammellinse und Kondensor S. 129. — Breite Lichtkegel S. 131. — Beleuchtung bei Diatomeen-Aufnahmen S. 131. — Verfahren bei Aufnahme von Pleurosigma angulatum S. 132. — Aufnahme von Amphipleura pellucida S. 133. — Diffraktionssäume S. 135.

2. Beleuchtung mit auffallendem Licht.

Glühlampe S. 136. — Verfahren von Moitessier S. 136. — Vorrichtung von Nachet S. 137. — Lieberkühn'scher Spiegel S. 137. — Beleuchtung durch totale Reflexion S. 137. — Wenham's Methode S. 137. — Dunkelfeldbeleuchtung S. 138. — Nachet's éclairage à fond noir S. 138. — Photographiren der Anlauffarben von Eisenflächen S. 139.

Fünfter Abschnitt.

Vorrichtungen für besondere Zwecke.

1. Aufnahme von Objekten, die in flüssigen Medien eingebettet sind.

Vertikale Apparate S. 141. — Apparate von Stegemann, Israel und Stenglein S. 142.

2. Apparat zum Photographiren embryonaler Schnittreihen.

Grosses Gesichtsfeld S. 143. — Landschafts-Objektiv S. 143. — Grobe und feine Einstellung S. 144. — Eastman's Bromsilberpapier S. 144.

3. Vorrichtungen zu Augenblicks-Aufnahmen.

Apparat von Bertsch S. 145. — Momentverschluss von Benecke und Moitessier S. 145. — Verfahren von Stenglein S. 146. — Apparate von Bourmanns, Nachet, Marktanner-Turneretscher S. 146. — Serien-Aufnahmen S. 148. — Vorschlag von Errera S. 148. — Apparat von Capranica S. 148. — Drehbare Platte S. 149. — Stirn'scher Momentverschluss S. 149. — Rollkassette S. 149. — Serien-Moment-Apparat S. 150. — Schutz vor Erschütterungen S. 151. — Schnelle Auslösung S. 151.

4. Aufnahmen mit polarisirtem Licht.

Prismen S. 152. — Polarisator und Analysator S. 152. — Geschichtliches über Herstellung derartiger Bilder S. 153. — Bedeutung des polarisirten Lichts S. 154. — Besondere Stative bei mineralogischen Arbeiten S. 154.

5. Spektroskopische Aufnahmen.

Spektral-Apparat S. 155. — Geradsichtsprisma S. 155. — Ångström'sche Skala S. 155. — Projektions-Okular S. 156. — Vergleich verschiedener Spektren S. 157. — Sonnenlicht erforderlich S. 157. — Auswahl der lichtempfindlichen Platten S. 157. — Spektropolarisator S. 158.

6. Stereoskopische Aufnahmen.

Mikroskop von Cherubin S. 158. — Verfahren von Wheatstone S. 159. — Halbe Blendung S. 159. — Verfahren von Moitessier und Fritsch S. 159. — Theilung des Lichtkegels durch Prismen S. 160. — Anordnung der Prismen nach Riddell S. 160, nach Nachet S. 161. — Stereoskopisches Okular nach Abbe S. 163. — Stereoskopische Wippe nach v. Babo

S. 164. — Moitessier's Wippe S. 164. — Wippe nach Fritsch S. 167. — Methode der Verschiebung des Objekts S. 169. — v. Babo's Verfahren S. 169. — Stereoskopische Mikrophotogramme S. 170.

Sechster Abschnitt.

Das negative Bild.

Die Kassette S. 171. — Schrägstellung derselben S. 172.

1. Geschichtliches.

Verfahren von Daguerre S. 173. — Verbesserung desselben durch Fizeau S. 173. — Papier-Negativ von Fox Talbot S. 173. — Eiweiss-Negative von Niepce de St. Victor S. 174. — Kollodium-Negative S. 174. — Kollodium-Trockenplatten S. 174. — Bromsilbergelatine-Trockenplatten S. 175. — Orthochromatische Platten S. 176. — Erythrosin-Platten S. 177. — Platten von Perutz, von Schippang & Wehenkel S. 178. — Badeplatten S. 178. — Eastman's Negativ-Papier S. 180. — Gelatinehäutchen von Perutz S. 181. — Celluloid-Films S. 181.

2. Die Belichtung.

Kontrolle der besten Einstellung S. 181. — Vorsicht beim Einsetzen der Kassette S. 182. — Verdunklung des Gesichtsfeldes S. 182. — Erschütterungen S. 183. — Verziehen des Mikroskops S. 183. — Ablagern des Apparats S. 184. — Gleichmässige Temperatur S. 185. — Belichtungszeit S. 185. — Abhängigkeit derselben von der Empfindlichkeit der Platten S. 185, von der Art der Lichtquelle S. 185, von der Breite des beleuchtenden Lichtkegels S. 186, von der Korrektion der Objektive S. 186, von der Beschaffenheit der Präparate S. 186. — Beurtheilung der Helligkeit des Bildes auf der matten Scheibe S. 187. — Verfahren nach Benecke S. 187, nach Zeiss S. 188. — Moitessier's Ansicht über Wirkung blauer Absorptionsflüssigkeiten S. 188. — Längere Belichtung bei der Aufnahme opaker Objekte, bei stereoskopischen Aufnahmen und Verwendung von Polarisationsapparaten S. 188. — Momentane Belichtung S. 189. — Tabelle der Belichtungszeiten bei Sonnen- und Petroleumlicht S. 190.

3. Die Entwicklung.

Entwickeln durch Fach-Photographen S. 191. — Dunkelkammer S. 191. — Auswahl der rothen Gläser S. 192. — Verschiedene Entwickler S. 193. — Pyrogallus-Soda-Entwickler S. 194. — Behandlung von über- und unterexponirten Platten S. 196. — Alauniren und Fixiren S. 197. — Auswässern und Lackiren S. 197. — Verstärkung S. 198. — Abschwächung S. 199. — Entwicklung von Eastman's Negativ-Papier S. 200.

4. Die Beurtheilung des Negativs.

Staubpartikel S. 201. — Grobes Korn S. 201. — Unscharfe Randzone S. 201. — Unscharfe Umrisse S. 201. — Ungleiche Dichtigkeit S. 202. — Schleier S. 203. — Hartes Bild S. 205. — Dickes Bild S. 205. — Diffraktionssäume S. 205.

5. Die Negativ-Retusche.

Begriff der Retusche S. 206. — Bleistift und Tuschpinsel S. 207. — Abdecken des Gesichtsfeldes bei Diatomeen-Aufnahmen S. 207.

6. Die Vergrösserung des Negativs.

Verwendbarkeit der Negativvergrösserung S. 208. — Feines Korn des Originalnegativs S. 209. — Vergrösserungsverfahren S. 209. — Chlorsilbergelatine-Platten S. 210. — Duplikatnegative S. 210.

Siebenter Abschnitt.

Das positive Bild.

1. Die Kopie auf Papier.

Gesilbertes Albuminpapier S. 212. — Haltbare Papiere S. 213. — Chlorsilberkollodium-Papier S. 213. — Chlorsilbergelatine-Papier S. 213. — Kopiren S. 214. — Waschen S. 215. — Tonen S. 215. — Fixiren S. 216. — Gerben S. 217. — Tonfixirbad S. 217. — Aufquetschen S. 217. — Aufziehen S. 218. — Heisssatiniren S. 218. — Chlorsilbercelloïdin-Papiere S. 219. — Bromsilberpapier S. 220.

2. Die Kopie auf Glas.

Vorzüge des Diapositivs S. 220. — Gewöhnliche Bromsilberplatte S. 221. — Klärbad S. 221. — Chlorsilbergelatine-Platten S. 221. — Schutz der empfindlichen Bildschicht S. 222. — Matte Scheiben S. 222.

3. Der Lichtdruck.

Nachtheile der direkt kopirten Abzüge S. 222. — Geschichtliches über den Lichtdruck S. 223. — Galvanos nach Daguerreotypien S. 223. — Stahldruck S. 223. — Photolithographie nach Barreswil S. 223. — Verfahren von Talbot S. 223. — Gegenwärtig geübte Lichtdruckmethoden S. 223. — Autotypie S. 223. — Nachtheile derselben S. 223. — Proben von Riffarth S. 225. — Aufnahmen von Prof. Kitt S. 257. — Kosten der Zink-Klischees S. 227. — Kupferlichtdruck S. 228. — Lichtsteindruck S. 229. — Albertypie S. 229. — Obernetter's Glanzlichtdrucke S. 230. — Abziehbare Trockenplatten S. 230. — Positiv-Retusche S. 231.

Achter Abschnitt.

1. Die Präparate.

Nothwendigkeit des Deckgläschens S. 233. — Dicke der Objekte S. 233. — Capranica's Vorschlag S. 233. — Objektträger und Deckglas S. 234. — Einbettende Medien S. 234. — Trockene Einbettung S. 235. — Am Deckglase festgeschmolzene Kieselschalen S. 235. — Färbung S. 236. — Bewegliche Objekte S. 236. — Spektroskopische Untersuchung der Farblösungen S. 237. — Käufliche Präparate S. 238.

2. Die Bedeutung der Mikrophotographie.

Koch's Arbeiten S. 240. — Einführung der Trockenplatten S. 241. — Objektivität des Mikrophotogramms S. 242. — Leistungsfähigkeit der Mikrophotographie S. 243. — Ultraviolette Strahlen S. 243. — Blendung des Auges S. 243. — Die Platte ermüdet nicht und nimmt die feinsten Helligkeitsunterschiede wahr S. 244. — Addition der Lichteindrücke S. 244. — Verstärkung der Helligkeitsunterschiede im Negativ und Diapositiv S. 244. — Vergleichbarkeit der Aufnahmen S. 245. — Werth für die Gerichtspraxis S. 246. — Werth guter Bakterienphotogramme S. 246.

3. Mikrophotogramme.

Aufnahmen von Donné S. 247. — Atlas von Donné und Foucault S. 247. — Carpenter's Bilder S. 247. — Aufnahmen von Mayer, Nachet, Hodgson, Shadbolt, Kingsley, Huxley, Wenham, Pohl, Weselsky und Bertsch S. 248. — Atlas von Hessling und Kollmann S. 248. — Album von Heeger S. 248. — Tafeln in Gerlach's Lehrbuch S. 248. — Helwig's Aufnahmen S. 249. — Tafeln in Moitessier's Lehrbuch S. 249. — Benecke's Photogramme S. 250. — Tafeln im Lehrbuch von Reichardt und Stürenburg S. 250. — Aufnahmen von Fritsch und Otto Müller S. 250. — Stereoskopen-Bilder von G. Fritsch S. 251. — Koch's Aufnahmen S. 251. — Photogramme von A. de Bary, Kupffer und Benecke, C. Günther, Letzerich, Zürn und Stein S. 252. — Arbeiten von J. Grimm in Offenburg S. 253. — Tafeln in Stein's Lehrbuch S. 253. — Atlas der Pflanzenkrankheiten von Zimmermann S. 254. — Israel's Aufnahmen S. 254. — Amphipleura pellucida von Woodward und van Heurck S. 254. — Aufnahmen von Troup, E. van Ermengem, Koch und Plagge S. 255. — Stenglein's Mikrophotogramme S. 255. — Tafeln in dem Lehrbuch von Stenglein S. 255. — Photogramme im Special-Katalog von Zeiss S. 255. — Tafeln in dem Lehrbuch von Jeserich S. 256. — Aufnahmen von Prof. Kitt, Dr. Günther und Crookshank S. 256. — Diatomeen-Photogramme von A. Truan S. 257. — Atlanten von N. J. C. Müller und von M. Hauer S. 257. — Aufnahmen von Burstert und Fürstenberg S. 257. — Mikrophotographischer Atlas der Bakterienkunde von Fraenkel und Pfeiffer S. 257. — Prof. Löffler's Aufnahmen S. 258. — Photogramme von Dr. R. Neuhauss S. 259. — Die nicht veröffentlichten Mikrophotogramme S. 260.

Nachtrag (Aufnahmen mit Blitzlicht) S. 261.

Erklärung der Tafeln S. 265.

ERSTER ABSCHNITT.

Der mikrophotographische Apparat.

1. Geschichtliche Entwicklung der Apparate.

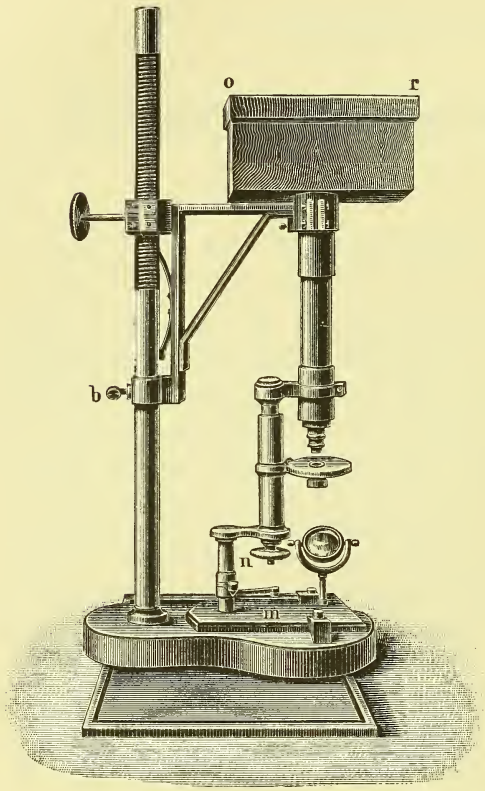
Kaum war in der denkwürdigen Sitzung der Akademie zu Paris am 19. August 1839 das Daguerre'sche Verfahren zur Herstellung von Lichtbildern veröffentlicht worden, als auch schon die Versuche begannen, die neue Entdeckung für den Mikroskopiker nutzbar zu machen. Zuerst bediente man sich zur Anfertigung von Mikrophotogrammen des Sonnenmikroskops: Das Bild eines mit Sonnenlicht beleuchteten Objekts wurde durch das Objektivsystem auf eine in grösserer oder geringerer Entfernung befindliche weisse Wand geworfen und nunmehr vermittelst eines gewöhnlichen photographischen Apparats meist in einem wieder etwas verkleinerten Massstabe aufgenommen. Mitunter setzte man auch an Stelle der weissen Wand unmittelbar die lichtempfindliche Platte; dann musste natürlich das ganze Zimmer, in welchem die Aufnahme stattfand, sorgfältig verdunkelt werden; nur das Objekt erhielt durch einen schmalen Spalt in den Fensterladen das zur Beleuchtung nothwendige Licht.

Schon im Jahre 1840 konnte Al. Donné zu Paris der Akademie der Wissenschaften verschiedene, auf die soeben beschriebene Weise hergestellte Abbildungen mikroskopischer Objekte vorlegen.

Es darf hier nicht unerwähnt bleiben, dass Davy bereits in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts, also mehr als ein Menschenalter vor Daguerre, nach einem ganz ähnlichen Verfahren Lichtbilder mikroskopischer Objekte fertigte, indem er das durch ein Sonnenmikroskop erzeugte Bild auf Papier fallen liess, welches mit Silberlösung bestrichen war.

Die vom Lichte getroffenen Theile dieses Papiers werden dunkel und es entsteht ein Bild. Aber durch kein Mittel der Welt konnte Davy dies Bild vor der nachfolgenden Einwirkung des zerstreuten Tageslichts, also vor völlig gleichmässigem Nachdunkeln der ganzen Papierfläche, schützen.

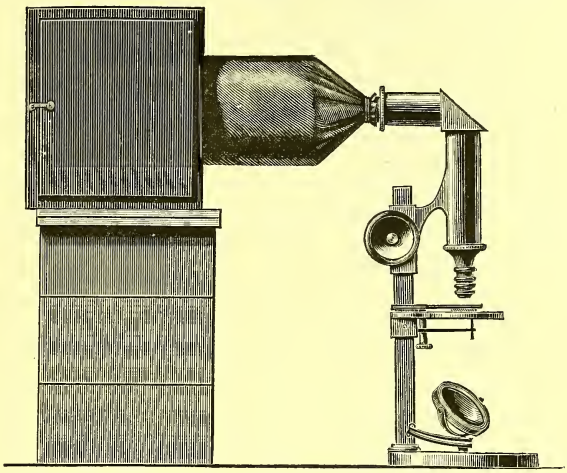
Die Bestrebungen der Mikrophotographen richteten sich frühzeitig darauf, das verdunkelte Zimmer und den Hilfsapparat mit dem gewöhnlichen photographischen Objektiv entbehrlich zu machen. In bester Weise wurde dies erreicht durch das vom Apotheker Mayer in Frankfurt a. M. im Jahre 1844 erbaute Photomikroskop (Figur 1): Auf schwerer, eiserner Platte ist der Fuss *m* mit Klemmschrauben befestigt; zur Beleuchtung dient der unter dem Objekttisch angebrachte Spiegel. Ein neben dem Mikroskop in die Eisenplatte eingeschraubter Stab trägt einen eisernen Arm, welcher sich durch Zahn und Trieb auf- und abbewegen lässt. Die von diesem Gerüst unterstützte Kamera steht durch einen Metallring mit dem Tubus in lichtdichter Verbindung. Um Nebenlicht abzuhalten, wird die Verbindungsstelle ausserdem mit lichtdichtem Stoff umwickelt. Zur Fixirung der Kamera in bestimmter Höhe dient die Schraube *b*. Das Objektiv entwirft ein Bild des aufzunehmenden Gegenstandes auf der matten Scheibe *or*, welch letztere bei der Aufnahme durch die in einer Kassette befindliche, lichtempfindliche Platte ersetzt wird. Das Bild fällt um so grösser aus, je weiter die Scheibe *or* von dem Objekt entfernt ist. Scharfe Einstellung geschieht vermittelst der Mikrometerschraube *n*.



1.

Mayer hat über seinen vortrefflichen Apparat nichts veröffenlicht. Wie leistungsfähig derselbe war, beweisen zwei von ihm hergestellte Mikrophotogramme (Pleurosigma angulatum und attenuatum), die Stein in seinem Werke ‚Das Licht'[1] wiedergiebt.

In etwas anderer Weise als Mayer suchten Pohl und Weselsky in Wien zum Ziele zu gelangen. Im Jahre 1852 benutzten sie das gewöhnliche, zusammengesetzte Mikroskop, ohne Entfernung des Okulars, unter Zuhilfenahme eines einfachen Holzkästchens zum Photographiren[2]. Jedes grosse oder kleine zusammengesetzte Mikroskop ist hierfür brauchbar. Ein über das Okular aufgesetztes, rechtwinkliges, total reflektirendes Prisma steht durch einen leicht zu entfernenden, lichtdichten Aermel mit einer kleinen, hölzernen Kamera in Verbindung und leitet die vom Objektiv kommenden Strahlen in dieselbe (Figur 2). Die Kamera ruht auf solidem Holzgestell oder besser auf eisernem Guyton'schen Träger, um in der Höhe verstellbar zu sein. Pohl und Weselsky legen Gewicht auf besonders feinen Schliff der matten Scheibe. Nöthigenfalls müsse man die Scheibe einölen, um die feine Einstellung des Bildes zu erleichtern. Die horizontale Stellung der Kamera ist hauptsächlich deshalb gewählt, damit sich nicht, wie es bei vertikaler Lage leicht geschehen kann, auf der Mitte der lichtempfindlichen nassen Platte ein Tropfen ansammelt, der einerseits die Schönheit des Negativs beeinträchtigt, andererseits bei zufällig erfolgendem Herabfallen das Mikroskop verunreinigt.



2.

[1]) Stein, .S Th., Das Licht. 2. Heft: Das Mikroskop und die mikrographische Technik. Halle 1884, Knapp.

[2]) Repertorium der Photographie. 4. Aufl. S. 28 u. 367. Wien 1854. — Sitzungsber. d. mathem.-naturw. Klasse d. kaiserl. Akademie der Wissensch. zu Wien. Bd. XXIII, 1857, S. 317.

Die horizontale Anordnung ist ein entschiedener Fortschritt gegen die vertikale Mayer's; allerdings wird dieser Vortheil in vorliegendem Falle durch ein Hilfsmittel von höchst zweifelhaftem Werthe — durch das Prisma — erkauft. Denn abgesehen davon, dass durch dies Prisma sowohl in Folge von Reflexion an der Oberfläche als auch von Absorption im Innern Licht verloren geht, wird durch dasselbe ungemein leicht eine Verzeichnung einzelner Theile des Bildes herbeigeführt, da bekanntlich das Schleifen ganz ebener Prismenflächen erhebliche Schwierigkeiten bereitet.

Anerkennenswerth ist bei dem Pohl'schen Apparat auch die lockere Verbindung zwischen Tubus und Kamera. Die beim Oeffnen des Kassettenschiebers unvermeidliche Erschütterung der Kamera wird bei dieser Anordnung nicht auf das Mikroskop übertragen.

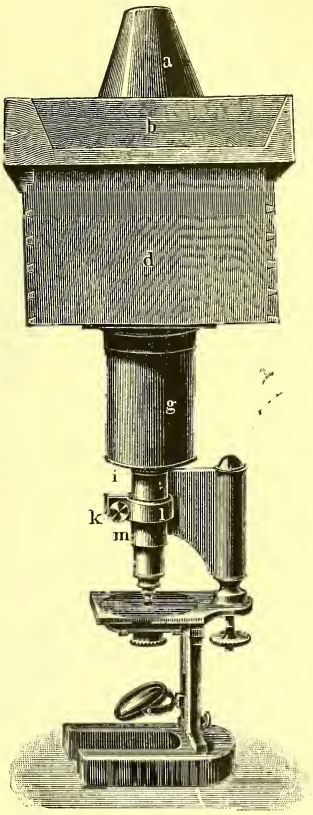
Als Merkwürdigkeit sei angeführt, dass Pohl räth, die Kamera inwendig blau anzustreichen, „um Licht zu gewinnen". Das zeugt allerdings von einer staunenswerthen Unkenntnis aller in Frage kommenden optischen Gesetze. Jeder Lichtstrahl, der einmal mit der Kamerawand in Berührung kam, ist für die Bilderzeugung verloren und kann nur durch Erzeugung von diffusem Licht zur Verschleierung der Negativ-Platte beitragen.

Gerlach, welcher in Deutschland als der eigentliche Vater der Mikrophotographie gilt, weil er das erste Lehrbuch verfasste, beschreibt seinen Apparat (Figur 3) in dem 1863 erschienenen Werke [1] folgendermassen: Besitzt das zu mikrophotographischen Arbeiten verwendete Mikroskop einen Auszug zur Verlängerung des Rohres, so thut man gut, das obere Ansatzrohr ganz abzuschrauben. — An dem nunmehr obersten Ende des Tubus ist ein Metallring *i*, welcher aussen ein Schraubengewinde trägt, angelöthet. An diesem Ringe lässt sich der photographische Aufsatz fest anschrauben. Letzterer besteht aus einem hölzernen Rohre *g* und einem viereckigen, gleichfalls aus Holz konstruirten Kasten *d*, der an seinem oberen Ende mit einer Vorrichtung versehen ist, welche gestattet, die lichtempfindliche Platte ohne Zutritt von Tageslicht einzusetzen. Von der Länge des Rohrs *g* hängt die Vergrösserung ab, weshalb man mehrere Rohre von verschiedener Länge vorräthig halten muss. Die Visirscheibe *b* besteht aus einem Holzrahmen, welcher durch zwei Gelenke an der einen Wand des Kastens befestigt wird; derselbe kann demnach auf-

---

[1]) Gerlach, Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung. Leipzig 1863, Engelmann.

und zugeklappt werden; ersteres geschieht bei dem Einsetzen der Kassette, letzteres vor dem Einstellen. Gerlach ersetzt die sonst übliche matte Scheibe durch dünnes Pauspapier, welches er auf dem Rande des Holzrahmens festklebt. Um ein Herabgleiten des durch die Kamera beschwerten Tubus in der federnden Hülse *m* zu vermeiden, ist um letztere ein mittelst der Klemmschraube *k* zu verengernder Metallring *l* gelegt. Das beim Einstellen störende Seitenlicht hält ein auf den Einstellrahmen gesetzter, abgestumpfter Hohlkegel *a* aus Buchenholz ab.



3.

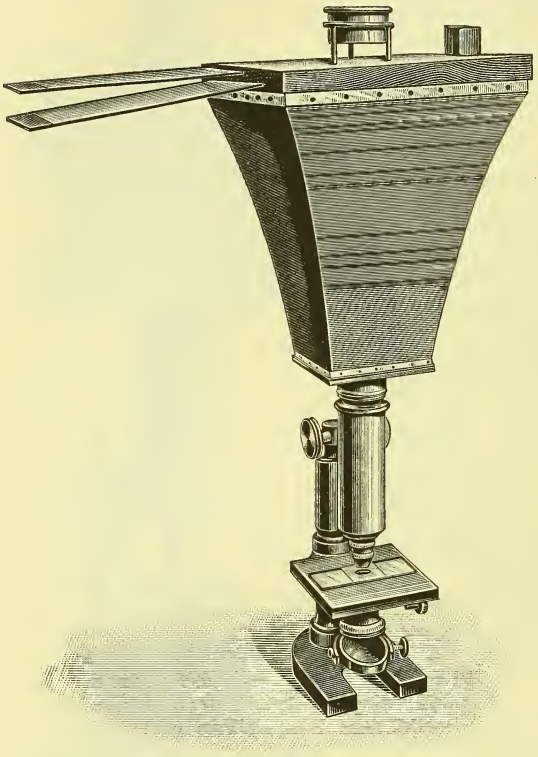
Gerlach's Konstruktion bezeichnet keineswegs einen Fortschritt gegen diejenige des Apothekers Mayer. Die Belastung des Tubus durch einen so massiven Aufbau bleibt stets eine missliche Sache, denn das Gewicht drückt die Feder der Mikrometerschraube zusammen. Dieser Uebelstand muss sich um so nachtheiliger bemerkbar machen, als nach vollzogener feinster Einstellung das Gewicht der Kamera durch Einsetzen der Kassette vermehrt wird. Unbegreiflich ist, dass Gerlach den zur Einstellung dienenden, mit Pauspapier beklebten Holzrahmen durch Gelenke fest mit der Kamera verbindet. Liesse sich derselbe abnehmen, so wäre der Gewichtsunterschied zwischen der zur Einstellung und zur Belichtung hergerichteten Kamera weniger bedeutend. Durch Aufklappen des Holzrahmens wird der Tubus überdies auf einer Seite stärker belastet.

Diese Uebelstände mögen Gerlach belehrt haben, dass sich mit seinem Apparat nicht viel anfangen lässt. Er kehrte deshalb später zu der Anordnung von Mayer zurück und befestigte eine mit beliebig zu verlängerndem Balg versehene Kamera an solidem Stativ.

In der Folgezeit griffen verschiedene Autoren auf das ursprüngliche Gerlach'sche Modell zurück.

Noch in neuester Zeit wurde eine derartige Vorrichtung von Dr. H. Möller in Greifswald [1] empfohlen; doch ist auch bei diesem Apparat der auf dem Tubus lastende Druck ein zu grosser, da die Kamera mit gefüllter Kassette 575 g wiegt (Figur 4).

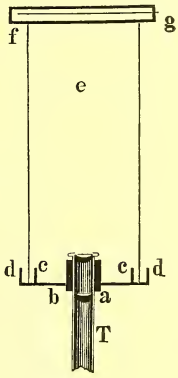
Es ist in der That für den Mikroskopiker sehr wünschenswerth, einen kleinen, recht einfachen Apparat zur Hand zu haben, der wenig kostet und ohne grosse Vorbereitungen die Aufnahme eines mikroskopischen Präparates gestattet. Mancher Forscher steht nur deshalb davon ab, die Mikrophotographie zu erlernen, weil er einerseits keinen Platz hat, einen grossen Apparat aufzustellen, andererseits den Geldaufwand fürchtet, welchen die Anschaffung komplicirter Vorrichtungen erheischt. Man kann nun die ohne besondere Stütze auf den Tubus zu setzende Kamera mit grossem Vortheil verwenden, wofern sie nur die nöthige Leichtigkeit hat und ohne irgendwelche Umstände anzubringen und wieder zu entfernen ist. Beiden Anforderungen genügt ein kleiner vom Verfasser angegebener Apparat: Nach Herausnahme des Okulars wird oben auf den Tubus *T* (Figur 5) eine letzteren eng umschliessende, 2 cm lange Papphülse *a* gesteckt, welche eine runde Pappscheibe *b* von 7½ cm Durchmesser trägt.



4.

[1] Zeitschrift f. wissensch. Mikroskopie u. f. mikrosk. Technik. Bd. V, 1888, S. 155.

Sowohl am äusseren Rande dieser Scheibe, als auch 1 cm centralwärts erheben sich zwei einen Centimeter hohe Ränder *c* und *d*. Der zwischen diesen Rändern befindliche Raum dient zur Aufnahme eines 25 cm langen, 7 cm weiten, dünnen Papprohrs *e*, welches an seinem oberen Ende mit einem hölzernen, zur Aufnahme der Kassette bestimmten Rahmen *f* verbunden ist. Die Kassette ist ebenfalls aus leichtestem Holze hergestellt und fasst eine Platte von 5 × 5 cm. Besondere Sorgfalt wurde auf den Kassettenschieber *g* verwendet: derselbe muss sich mit grösster Leichtigkeit ein- und ausschieben lassen und dabei doch völlig lichtdicht schliessen. Die Visirscheibe, welche nach vollbrachter Einstellung herausgenommen und durch die Kassette ersetzt wird, ist derart beschwert, dass sie genau so viel wiegt, wie die mit einer Platte geladene Kassette; anderenfalls würde die Feder der Mikrometerschraube bei der Einstellung anders belastet sein, als bei der Belichtung. Die Kamera wiegt mit gefüllter Kassette nicht über 100 gr. Die lose und doch völlig lichtdichte Verbindung des Papprohrs *e* mit der Pappscheibe *b* erleichtert das Arbeiten ungemein. Grosse Bilder sind hiermit freilich nicht zu erzielen, doch ist der Vortheil nicht zu unterschätzen, dass man ohne Vorbereitungen beim Mikroskopiren sofort Aufnahmen machen kann.



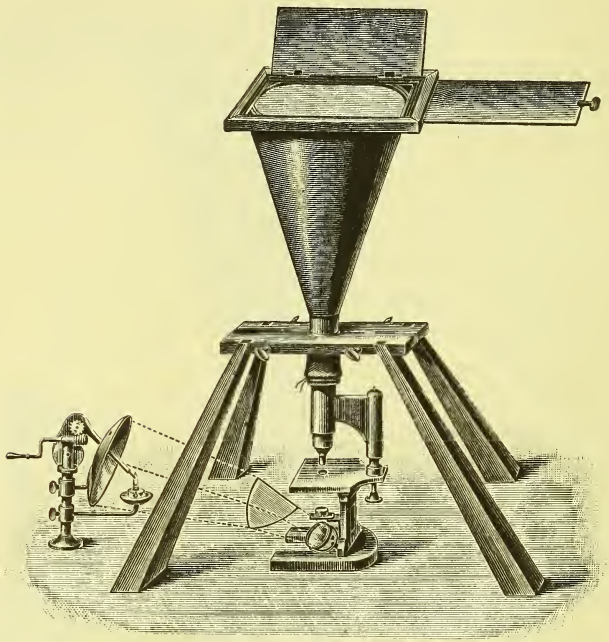
5.

Kehren wir zu Gerlach zurück. Für Aufnahme grösserer Objekte in zwei bis zehnmaliger Vergrösserung gab derselbe einen besonderen Apparat[1] an: Das Präparat liegt auf einem kleinen, in der Mitte durchbohrten Tisch und wird von unten mittelst des Spiegels erleuchtet. Auf dem Tisch sind rechts und links vom Präparat senkrecht zur Tischplatte zwei Holzleisten angebracht, welche eine gewöhnliche, mit langem Auszug versehene photographische Kamera, deren Objektivbrett nach unten gerichtet ist, zwischen sich fassen. Die Kamera kann in grösserer oder geringerer Entfernung vom Objekt befestigt werden. Zur Aufnahme dient hierbei ein gewöhnliches photographisches Objektiv.

Den wichtigsten, dem ursprünglichen Gerlach'schen Modell (Figur 3) anhaftenden Fehler suchten verschiedene Autoren, so wie es, wie bereits bemerkt, späterhin Gerlach selbst that, dadurch zu beseitigen, dass sie die Kamera durch einen besonderen Untersatz

[1]) A. a. O. S. 35.

stützten. Harting[1] bringt daher ein vierbeiniges, festes Gestell an (Figur 6). Als eine sehr beachtenswerthe Verbesserung an diesem Apparat erwähnen wir ferner den Aermel von schwarzem Gummi, welcher den Mikroskoptubus mit der Kamera verbindet. Harting erkannte richtig, dass die feste Verbindung beider Theile für den Mikrophotographen nicht nur weit umständlicher ist, sondern auch das Gelingen eines guten Negativs in Frage stellt, da die unvermeidliche



6.

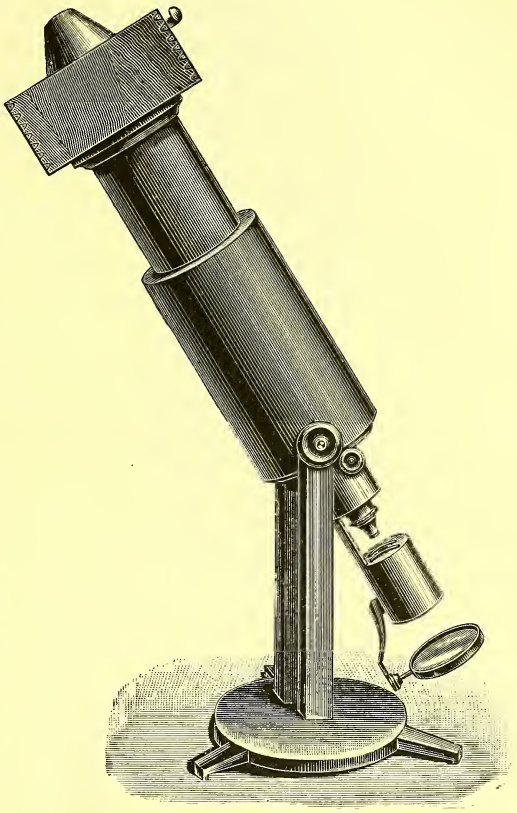
Erschütterung der Kamera besonders bei Arbeiten mit starken Objektiven die scharfe Einstellung auf's Unangenehmste beeinträchtigt.

Bei dieser Gelegenheit möge ein Irrthum erörtert werden, der sich bis in die neueste Zeit hinein in einer grossen Anzahl von Schriften findet. Jeder, der einen aufrechtstehenden Apparat empfiehlt, bei dem Mikroskop und Kamera fest mit einander verbunden sind,

---

[1]) Harting, Das Mikroskop. Bd. II. S. 289. Braunschweig 1866, Vieweg & Sohn.

rühmt als besonderen Vorzug dieser Anordnung, dass Erschütterungen, denen der Apparat während der Belichtung der Platte ausgesetzt ist, nicht nachtheilig wirken, da Kamera und Platte dieselben Bewegungen machen, wie Mikroskop und Objekt. Hätte einer der Herren sich der Mühe unterzogen, diese Behauptung auf ihre Richtigkeit zu prüfen, so wäre manche Platte und manche kostbare Stunde nicht unnöthig vergeudet worden. Der Versuch ist ein überaus einfacher: Man macht sich auf der Einstellscheibe eines derartig hergerichteten Apparats irgend ein Merkzeichen (am zweckmässigsten mit Feder und Tinte) und beobachtet nach genauster Einstellung mit der Lupe den Punkt des Bildes, welcher mit diesem Merkzeichen zusammenfällt. Wird nun durch einen vorüberfahrenden Wagen, oder durch einen Menschen, welcher im Zimmer auf- und abgeht, der Apparat erschüttert, so sieht man, dass der beobachtete Bildpunkt seine Lage gegen das angebrachte Merkzeichen unaufhörlich wechselt. Die Schwingungen des Objekts sind also ganz andere, als diejenigen der Einstellscheibe. —



7.

Ausser Harting empfahlen noch viele Andere, die Kamera durch ein besonderes Gestell zu stützen. Da es nun völlig gleichgiltig ist, ob diese Stütze 1, 2, 3 oder 4 Füsse hat, so brauchen wir auf die einzelnen Konstruktionen nicht genauer einzugehen. Erwähnung ver-

dient der Apparat von Möller und Emmerich in Giessen[1]. Das ganze Instrument ruht zwischen zwei Säulen und ist um eine horizontale Achse drehbar (Figur 7). Der Apparat kann daher sowohl in horizontale, wie in vertikale Stellung gebracht werden. Eine derartige Anordnung wurde in späterer Zeit zu wiederholten Malen neu erfunden.

Das im Jahre 1866 zu Paris herausgegebene, epochemachende Werk von Dr. A. Moitessier: ‚La photographie appliquée aux recherches micrographiques', welches zwei Jahre später in deutscher Bearbeitung von Benecke[2] erschien, brachte auch in Bezug auf den Apparat manches Neue. Moitessier's Apparat für kleine Bilder besteht nur aus einer kleinen Kassette, welche mit der lichtempfindlichen Platte an Stelle des Okulars ohne Stütze auf dem Mikroskoprohr befestigt wird. Um mehrere Aufnahmen schnell hintereinander fertigen zu können, richtete Moitessier die Kassette für eine grössere Platte ein und traf Vorkehrungen, dass 6 Aufnahmen auf dieser Platte geschehen konnten. In diesem Falle musste die Kassette jedoch wegen ihres erheblichen Gewichtes durch ein Gestell gestützt werden (Moitessier; S. 111 u. 122). Benecke konnte es sich nicht versagen, die Sache noch komplicirter zu machen: er konstruirte eine solche Kassette für 8 Aufnahmen (Benecke; S. 55).

Die auf diese Weise erzielten Bilder sind jedoch so winzig klein, dass sie eine mit Mühen und Kosten verbundene nachträgliche Vergrösserung nöthig machen. Hierdurch werden die Vortheile aufgehoben, welche darauf beruhen, dass man das vom Objektiv erzeugte Bild an genau derselben Stelle entstehen lässt, wo es für die gewöhnliche Okularbeobachtung zu Stande kommt. Man hat dies Verfahren gegenwärtig so gut wie gänzlich verlassen; nur van Heurck in Antwerpen bedient sich noch desselben.

Der soeben beschriebene kleine Apparat von Moitessier, bei dem natürlich das Mikroskop in gewöhnlicher vertikaler Stellung verbleibt, hat ausser dem unter dem Objekttisch angebrachten Kondensor und Spiegel einen sogenannten Schlitten für die Aufnahme verschiedener zur Beleuchtung dienender Vorrichtungen (matte Scheibe, Sammellinse, Küvette etc.). Dieser horizontal auf einer runden Holzscheibe, welche auch das Mikroskop trägt, angebrachte Schlitten besteht aus zwei fest mit einander verbundenen Schienen, zwischen welchen sich die

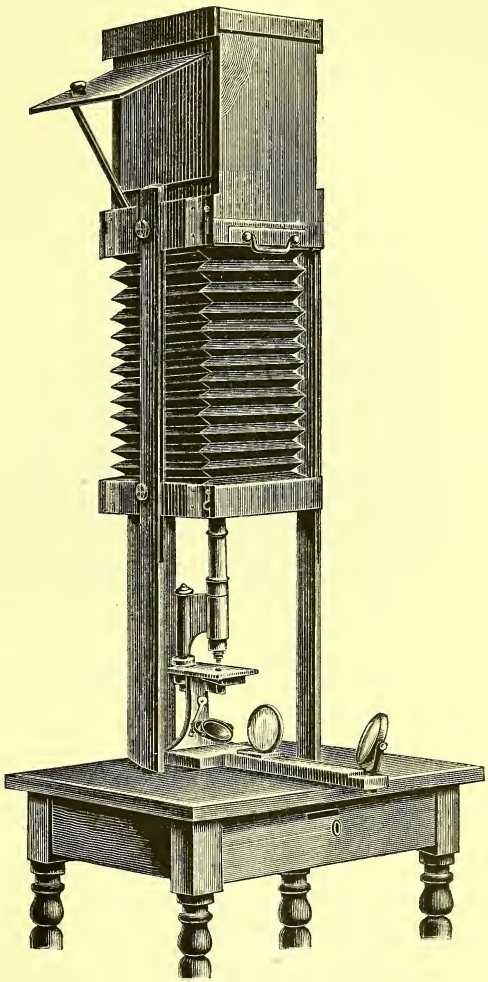
---

[1]) Dippel, L., Das Mikroskop und seine Anwendung. 1. Auflage; Bd. I, S. 211. Braunschweig, Vieweg & Sohn.

[2]) Benecke, B., Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung. Braunschweig, Vieweg & Sohn.

genannten Gegenstände hin- und herbewegen lassen. Er bildet einen unerlässlichen Bestandtheil aller besseren mikrophotographischen Apparate, sowohl der vertikalen, als auch der horizontalen.

Moitessier's vertikaler Apparat für direkte starke Vergrösserungen (Figur 8) zeigt eine über das Mikroskop zu setzende, von drei Holzleisten getragene Balgkamera, an deren oberem Ende ein 20 cm langer, hölzerner Kasten mit seitlicher, lichtdicht schliessender Thür sich befindet. Zur feinen Einstellung wird anstatt einer mattgeschliffenen Glasscheibe eine mit weissem Papier überzogene Tafel verwendet. Das auf dieser Tafel durch das Objektiv entworfene Bild betrachtet man von vorn durch die seitlich angebrachte Thür. Bei Arbeiten mit schwachen Objektiven und kräftiger Beleuchtung eignet sich das weisse Papier sehr gut zur scharfen Einstellung; bei starken Vergrösserungen ist es jedoch nicht brauchbar, weil man sich demselben nicht in ausgiebiger Weise von der Seite her nähern kann, ohne das Gesichtsfeld zu verdunkeln.

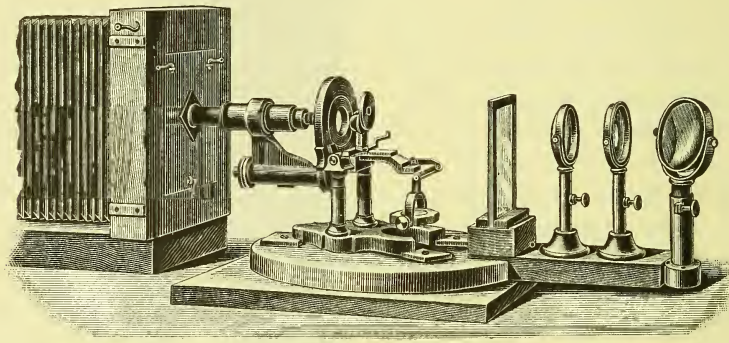


8.

Da auch Moitessier die Schattenseiten der vertikalen Apparate kennen lernte, so konstruirte er, genau wie ehedem Pohl in Wien (s. Figur 2), eine Vorrichtung mit vertikalem Mikroskop aber horizon-

taler Kamera; oben auf den Mikroskoptubus steckte er ein Prisma mit totaler Reflexion. Die feine Einstellung geschieht auch hier auf weissem Papier; man öffnet die am Kamera-Ende seitlich angebrachte kleine Thür und betrachtet, während die Hand an der Mikrometerschraube dreht, das auf dem Papier entworfene Bild. Dieser Apparat ist demjenigen von Pohl durch seinen viel längeren Auszug überlegen; die feste Verbindung zwischen Mikroskop und Kamera muss dagegen als ein Rückschritt gegen Pohl's Apparat bezeichnet werden.

Endlich beschreibt Moitessier auch einen Apparat, bei dem das durch einen umlegbaren Fuss in horizontale Lage gebrachte Mikroskop mit horizontaler Kamera fest verbunden ist (Figur 9). Durch diese Anordnung, welche einen gewaltigen Fortschritt gegenüber den bis



9.

dahin üblichen Konstruktionen bedeutet, kommt das total reflektirende Prisma in Fortfall; auch kann das Objekt direkt von unten ohne Zwischenschaltung eines Spiegels beleuchtet werden.

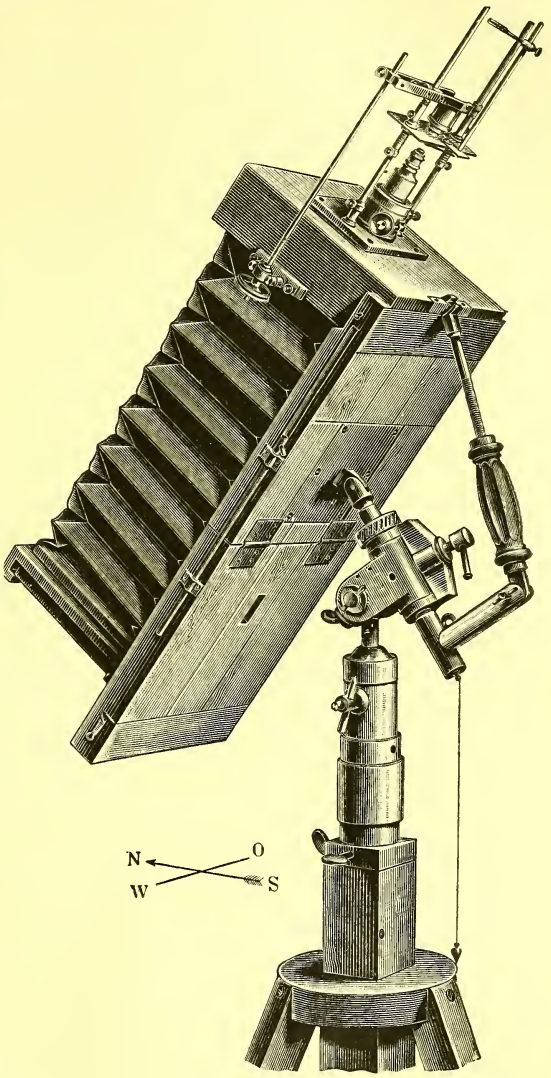
Freilich liess sich auch, wie wir sahen, der Apparat von Möller und Emmerich (Figur 7) in horizontale Lage bringen und schon vor Moitessier hatte der Amerikaner O. N. Rood im Jahre 1862 einen horizontalen, mit umlegbarem Mikroskop versehenen Apparat beschrieben[1], doch gebührt Moitessier der Ruhm, mit Nachdruck auf die Vorzüge dieser Anordnung hingewiesen zu haben (Moitessier, S. 135).

Nach Moitessier's Meinung ist das umgelegte Mikroskop nur zum Photographiren fest verkitteter Objekte zu verwenden, die ohne Schaden in vertikaler Lage auf dem Objekttisch durch Klemmfedern befestigt werden können. Das ist eine durchaus irrige Meinung; denn in Folge von Adhäsion des Deckgläschens ist auch bei den in flüssigen Medien

[1]) Quart. Journal N. Ser. VIII, 1862, p. 261.

eingebetteten Präparaten das Bestreben herunterzusinken ein geringfügiges, wofern nur recht wenig Flüssigkeit zwischen Objektträger und Deckgläschen sich befindet. —

Um bei Anwendung von Sonnenlicht den Spiegel überflüssig zu machen, welcher selbst bei horizontaler Lage des Mikroskops erforderlich wird, kam Benecke, der Uebersetzer des Moitessier'schen Werkes, auf den Gedanken, den ganzen mikrophotographischen Apparat wie ein Fernrohr auf parallaktischem Stativ zu befestigen und bei der Aufnahme direkt der Sonne zuzukehren [1]. Die hierbei verwendete Balgkamera kann auf 1 m Länge ausgezogen werden. Das Grundbrett derselben besteht der bequemeren Handhabung wegen aus zwei durch Charniere verbundene und durch starke Riegel in einer Ebene zu vereinigenden Hälften. Die Kamera trägt an ihrer Vorderfläche eine Messingplatte, in deren Mitte der durch



10.

[1]) A. a. O. S. 65, und Benecke, Beiträge zur mikrophotographischen Technik (Archiv f. mikroskop. Anatomie 1867 S. 61).

Zahn und Trieb vor- und rückwärts zu bewegende Tubus steckt. Zu beiden Seiten des Tubus stehen zwei runde Stangen, auf denen sich der Objekttisch mit Hilfe eines Hebels und der seitlich angebrachten Mikrometerschraube verschieben lässt.

Hat man den Apparat auf horizontaler Fläche genau im Meridian des Ortes aufgestellt, so ist nur nöthig, ihn am Morgen nach der Sonne zu richten, um derselben während des ganzen Tages durch Drehung einer archimedischen Schraube zu folgen.

Der Apparat kann leicht in einen vertikalen verwandelt und mit dem nöthigen Spiegel in Verbindung gebracht werden; zu diesem Zwecke wird das parallaktische Zwischenstück beseitigt und die Kamera direkt an der vertikalen Säule befestigt. Die Einstellung geschieht auf einer matten Glasplatte oder ohne Platte mit Hilfe einer Einstelllupe. Letztere ist über der centralen Oeffnung eines rechteckigen, dünnen Holz- oder Metalltäfelchens, dessen lange Seite an Grösse der angewandten Platte gleicht, in solcher Stellung ein für alle Mal befestigt, dass sie für eine Ebene, auf welche das Holztäfelchen aufgesetzt wird, vollkommen scharf eingestellt ist. Bringt man diese Lupe statt der lichtempfindlichen Platte in die in den Apparat eingeschobene Kassette, so liegt jedes mit derselben scharf eingestellte Bild genau in der Ebene der lichtempfindlichen Schicht. Dabei erlaubt die Schmalheit des Holztäfelchens die Lupe über das Gesichtsfeld hinwegzuführen und verschiedene Theile desselben zu beobachten.

Benecke verräth uns nicht, wie er mit diesem monströsen Apparat dasjenige Gesichtsfeld, welches er zu photographiren gedachte, überhaupt auffand. Der Tubus ist fest mit dem Stirnbrett der Kamera verschraubt, sodass von einem Suchen bei gewöhnlicher Okularbeobachtung keine Rede sein kann. Wer es einmal versuchte, unter Beobachtung des Bildes auf der matten Scheibe ein bestimmtes Gesichtsfeld aus einem Objekt von einigem Umfang herauszufinden, wird kaum begreifen, dass Benecke nicht in erster Linie dafür Sorge trug, diesem Uebelstande abzuhelfen. Ueberdies ist die parallaktische Aufstellung, welche nur den Zweck hat, den Spiegel überflüssig zu machen, völlig werthlos, da bei der grossen Intensität des Sonnenlichts die durch einen, oder sogar zwei Spiegel herbeigeführten Lichtverluste keine Rolle spielen.

In der Folgezeit erfuhr der mikrophotographische Apparat durch Prof. Fritsch[1] wesentliche Verbesserungen. Das Hauptbestreben von Fritsch war darauf gerichtet, die verschiedenen Theile: Kamera,

[1]) Fritsch, G., Beitrag zur Kenntnis der mikroskopischen Photographie (‚Licht', Zeitschrift f. Photographie, Jahrg. I. Berlin 1869).

Mikroskopstativ und Beleuchtungsvorrichtung möglichst von einander zu trennen und nicht über einander, sondern neben einander aufzubauen. Er senkt den umlegbaren, hufeisenförmigen Fuss des Mikroskops in den Ausschnitt eines massiven Brettes ein, welches durch aufgesetzte Stücke mit querer Faserung am Ziehen und Verbiegen möglichst gehindert wird. Das Mikroskop nimmt in dem Ausschnitt seinen festen, unverrückbaren Stand; die gewöhnliche photographische Kamera wird mit ihrer Front dicht an das Fussbrett des Mikroskops geschoben, mit diesem Brett jedoch nicht verbunden. Da die Kamera, um hinreichend grosse Bilder zu ermöglichen, einen langen Auszug besitzen muss, so wird es nöthig, die Mikrometerschraube zu verlängern. Fritsch ersetzt den gewöhnlichen Kopf der Mikrometerschraube durch einen mit Zahnrad versehenen Kopf, welcher mit einem Trieb von nur halb so viel Zähnen in Verbindung steht (*b* in Figur 11). Dieser Trieb wird gedreht durch eine horizontale Achse, welche vermittelst zweier Kugelgelenke und eines 15 cm langen Zwischenstücks mit einem Holzstab derart verbunden ist, dass jede Drehung des letzteren eine Bewegung der Einstellschraube hervorruft. Der Holzstab liegt frei neben der Kamera, damit nicht die bei dem Oeffnen und Schliessen des Kassettenschiebers unvermeidliche Erschütterung der Kamera sich auf das Mikroskop fortpflanzen kann. Der Trieb ruht auf massivem Metallfuss. Die feine Einstellung geschieht auf durchsichtiger Spiegelglasscheibe mit Hilfe der Einstellupe. Zur lichtdichten Verbindung von Tubus und Kamera befindet sich am Stirnbrett der letzteren ein schwarzer, mit Schnürzug versehener Aermel, der sich über dem Tubus zusammenziehen lässt. Ein Schlitten nimmt die zur Beleuchtung nothwendigen Gegenstände, wie Spiegel, Küvette, Blenden und Sammellinse auf, die zur Ermöglichung genauster Centrirung insgesammt auf Trägern ruhen, welche nicht nur in der Höhe, sondern auch nach rechts und links verstellbar sind. Ein fester, schwer zu erschütternder Tisch trägt den ganzen Apparat.

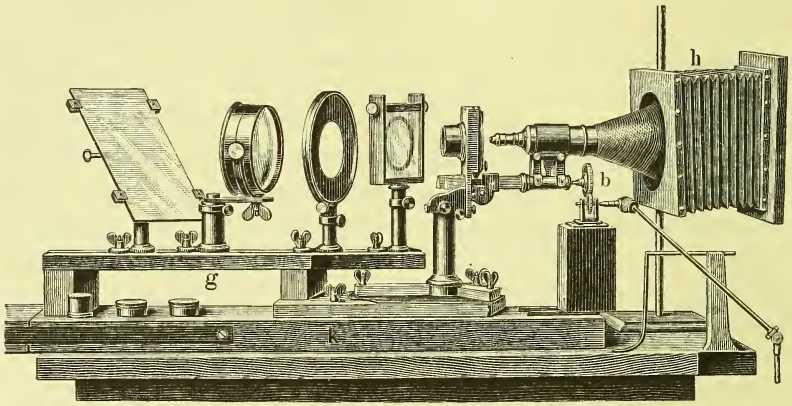
Die von Fritsch empfohlene Anordnung gestattet vor Beginn der eigentlichen photographischen Arbeit das aufzunehmende Präparat mit Hilfe des Okulars unbehindert zu durchmustern, die zur Aufnahme am meisten geeignete Stelle aufzusuchen, die Beleuchtung zu regeln und dann erst durch Heranschieben der photographischen Kamera und Ueberziehen des lichtdichten Aermels den Tubus mit der Kamera in Verbindung zu bringen.

R. Koch [1], welcher sich zu seinen vortrefflich gelungenen Auf-

[1]) Koch, R., Untersuchungen über Bakterien (Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. II. S. 411. Breslau 1877).

nahmen des Apparats von Fritsch bediente, schlug vor, um sowohl Kamera wie Mikroskop unverändert stehen lassen, und dennoch ohne Umstände jederzeit in den Tubus blicken zu können, ein trichterförmiges Ansatzrohr am Stirnbrett der Kamera anzubringen, welches sich ohne Verschiebung des Mikroskops oder der Kamera leicht abnehmen lässt und eine solche Länge besitzt, dass nach Entfernung desselben der Kopf des Beobachters zwischen Kamera und Tubus Platz findet.

Später nahm Fritsch[1] einige nicht wesentliche Veränderungen an seinem Apparate vor und nannte denselben, welcher nunmehr für starke



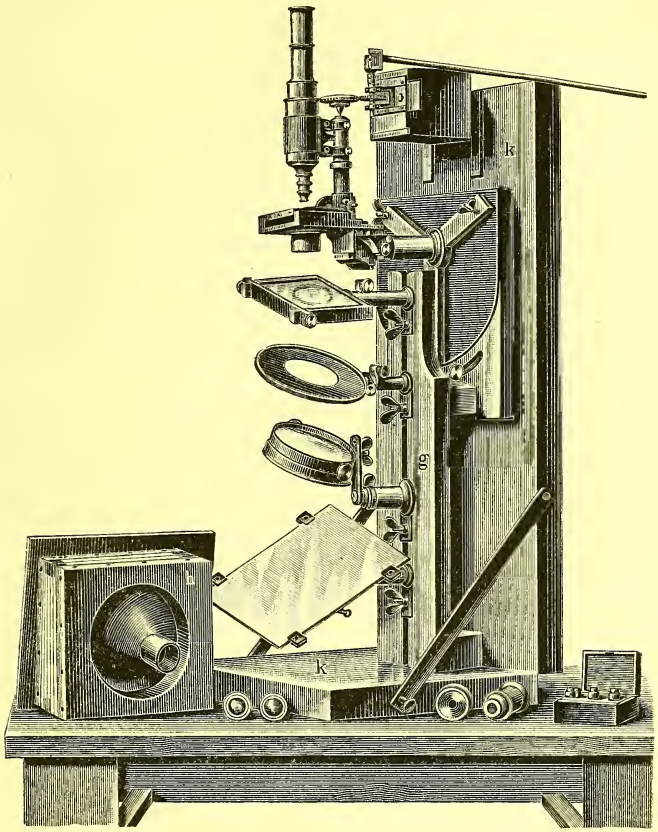
11.

und schwache Vergrösserung, in horizontaler wie in vertikaler Stellung gleich brauchbar erscheint, mikrophotographischen Universalapparat. Die Firma Seibert und Krafft in Wetzlar führte den Apparat aus und taufte ihn auf ihren Namen (Figur 11 u. 12).

Der ungewöhnlich weite Tubus wird durch Zahn und Trieb am Prisma, aber ausserdem noch durch freie Schiebung bewegt, sodass ein Bildwinkel von etwa 35° bei Fokalabständen, die auch den kleinen Aplanaten genügen, zur Verwendung kommen kann. Der drehbare Objekttisch lässt sich durch freie Schiebung entfernen, und es wird dadurch eine Oeffnung von 4 cm Durchmesser für die Beleuchtung frei. Ein oben über den Tubus gezogener Metallring ist an einem kegelförmig geschnittenen Tuchsack lichtdicht befestigt. Letzterer sitzt

[1]) Bericht über die allgemeine deutsche Ausstellung a. d. Gebiete der Hygiene und des Rettungswesens, Berlin 1882-83. Herausgeg. von Dr. Paul Börner. Bd. I. S. 100. Breslau 1885.

an einem kurzen Zwischenblasebalg *h* und vermittelt so die Verbindung mit dem Stirnbrett einer gewöhnlichen, hier nicht gezeichneten, photographischen Kamera. Der Zwischenblasebalg vertritt die Stelle des trichterförmigen Ansatzrohrs nach Koch; er ermöglicht, ohne irgend einen Theil zu rücken oder stärker zu erschüttern, bei zusammen-



12.

gelegtem Balg den Kopf zwischen Kamera und Mikroskop zu bringen. Die freie Einstellung geschieht wie bei dem früheren Apparat mit Hilfe des sogen. Hooke'schen Schlüssels. Auch die Aufstellung der Beleuchtungsvorrichtungen auf dem Schlitten *g* (Planspiegel, Sammellinse, Blende, matte Scheibe, Küvette) ist nicht verändert. Sind alle Theile durch ihre Schrauben festgestellt, so genügt die Aufrichtung des im Scharnier beweglichen Fussbrettes *k* (Figur 12), um Mikroskop nebst

Beleuchtungsapparat in senkrechte Stellung zu bringen. Dann hat man das Präparat in wagerechter Lage, welche natürlich auch der photographischen Platte anzuweisen ist. Dies geschieht am einfachsten durch Aufhängen der photographischen Kamera in entsprechender Höhe an senkrechter Wand über dem Mikroskop. Hierdurch erwachsen keine anderen nennenswerthen Schwierigkeiten, als dass man das Bild auf der Visirscheibe unter Benutzung eines Trittbrettes beobachten muss.

Der Apparat von Fritsch bedeutet einen höchst bemerkenswerthen Fortschritt in der Entwicklung der mikrophotographischen Apparate.

Sind, wie dies früher fast allgemein geschah, Mikroskop und Kamera fest mit einander verbunden, so kann schon durch das Aufsetzen der Lupe auf die Visirscheibe die feine Einstellung verändert werden; weit grösser sind natürlich die Störungen, welche das Einschieben der Kassette und das Aufziehen des Schiebers verursachen. Der hierbei auf die Kamera ausgeübte Druck überträgt sich auf den Tubus und bewirkt eine Aenderung in dem Abstand des Objektivs vom Objekt. Am meisten fällt diese Erscheinung bei Verwendung starker Objektive auf.

Wenn auch vereinzelte Mikrophotographen vor Fritsch, wie Pohl und Weselsky (Figur 2), Harting (Figur 6), Reichardt und Stürenburg [1], Tubus und Kamera durch einen lichtdichten Aermel locker verbanden, so geschah dies mehr des billigen Materials wegen, als in der ausgesprochenen Absicht, hierdurch möglichste Trennung beider Theile herbeizuführen.

Die von Fritsch empfohlene Trennung des Kamera und Stativ tragenden Laufbrettes schützt das Mikroskop ebenfalls vor Erschütterungen.

Dass diese Anordnung auch den Vorzug hat, jede beliebige photographische Kamera für mikrophotographische Zwecke verwerthen zu können, bedarf nicht besonderer Erwähnung.

Ferner verdient die eigenartige Verlängerung der Mikrometerschraube nach Fritsch vollste Anerkennung. Während man Anfangs nur mit so kurzer Balgenlänge arbeitete, dass die Erreichung der Mikrometerschraube mit der Hand keine Schwierigkeiten bereitete, musste, als das Verlangen nach stärkeren Vergrösserungen sich geltend machte und demzufolge die Balgenlänge wuchs, den veränderten Verhältnissen

[1] Reichardt und Stürenburg, Lehrbuch der mikroskopischen Photographie. Leipzig 1868, Quandt & Händel. — Da der von R. u. St. beschriebene Apparat von älteren Konstruktionen sich nicht wesentlich unterscheidet, so nahmen wir im Vorhergehenden von seiner Erwähnung Abstand.

durch besondere Vorkehrungen Rechnung getragen werden. Moitessier [1] schlägt ein System von Hebeln und Schrauben vor, mittelst dessen man die Mikrometerschraube aus grösserer Entfernung bequem bewegen könne; vortheilhafter sei es jedoch, das auf weisses Papier entworfene Bild durch eine an der Kamera seitlich angebrachte Thür von vorn zu betrachten, wobei selbst bei langem Auszug die Erreichung der Mikrometerschraube ohne Weiteres gelingt.

Der Amerikaner Rood stellt bei seiner im Vorhergehenden nur kurz erwähnten Kamera (s. S. 12) hinter der Einstellscheibe einen Planspiegel derart auf, dass man vom Mikroskop aus das auf der matten Scheibe entworfene Bild sieht. Ueber dies Verfahren, welches Stein [2] später als das seinige beschrieb, ist zu bemerken, dass eine scharfe Einstellung feinster Einzelheiten bei starken Vergrösserungen hierdurch niemals ermöglicht wird, auch dann nicht, wenn man wie Stein sich zur Beobachtung des Bildes eines kleinen Fernrohrs oder eines guten Opernglases bedient.

Benecke's grosser Apparat (Figur 10) besitzt zur feinen Einstellung eine an der Kamera seitwärts angebrachte lange Schraube, welche mit der Hand bequem erreichbar ist, während das Auge das Bild auf der Einstellscheibe mustert.

Die von Fritsch bei langer Kamera empfohlene feine Einstellung mit Hilfe des Hooke'schen Schlüssels ist einerseits deshalb unübertrefflich, weil sie die feinste Bewegung der Mikrometerschraube auf jede beliebige Entfernung hin gestattet, und weil sie andererseits, worauf Fritsch mit Recht besonderes Gewicht legt, Erschütterungen der Kamera nicht auf das Mikroskop übertragen kann, was stets zu fürchten ist, wenn die Verlängerung der Schraube fest mit der Kamera in Verbindung steht.

Einen gewaltigen Fortschritt bezeichnet endlich die von Fritsch angegebene feine Einstellung auf durchsichtiger Spiegelglasscheibe mit Hilfe der Einstellupe. Wir erinnern daran, dass man schon sehr früh darauf bedacht war, das grobe Korn der gewöhnlichen matten Scheibe durchsichtiger zu machen. Pohl empfahl im Jahre 1852 (s. S. 3) die Scheibe einzuölen; Gerlach ersetzte das Glas durch dünnes, durchsichtiges Pauspapier (S. 5); Moitessier verwendete eine mit weissem Papier überzogene Tafel und Benecke betrachtete das Bild ohne jede Scheibe nur mit Hilfe der Einstellupe. Während ein auf weissem

[1]) A. a. O. S. 128.

[2]) Stein, Das Licht. Heft 2 S. 231.

Papier entworfenes Bild bei schwachen Vergrösserungen leicht scharf einzustellen ist, so versagt diese Methode doch bei lichtschwachen, starken Objektiven. Das Verfahren von Benecke ist demjenigen von Fritsch am ähnlichsten, doch verhindert das als Führung der Lupe nothwendige Holztäfelchen, das Bild in seiner ganzen Ausdehnung zu prüfen.

Reichardt und Stürenburg[1] ersetzen die matte Scheibe durch eine Jodsilberplatte, welche sie folgendermassen herstellen: Eine reine Glasplatte wird mit jodirtem Kollodium überzogen, in das Silberbad getaucht, mit Wasser abgewaschen und schliesslich mit einer Lösung von Jodkalium übergossen, wodurch die Schicht ihre Lichtempfindlichkeit verliert. Nun wäscht man nochmals ab und lässt trocknen.

Die Mikrophotographen waren völlig mit Blindheit geschlagen, indem sie nicht merkten, dass jede künstlich hervorgebrachte Trübung des Glases die feine Einstellung erschwert. Feinste Einstellung lässt sich nur nach der von Fritsch angegebenen Methode auf durchsichtiger Spiegelglasscheibe mit Hilfe der Einstellupe bewerkstelligen. Die Lupe muss hierbei so gestellt sein, dass ein auf der Unterseite der Scheibe eingeritztes Kreuz beim Aufsetzen der Lupe auf das Glas scharf erscheint. Das unbewaffnete Auge sieht auf der durchsichtigen Scheibe überhaupt Nichts; will man über Lage, Grösse und gröbere Einzelheiten des Bildes einen allgemeinen Ueberblick gewinnen, so ist die matte Scheibe einzusetzen.

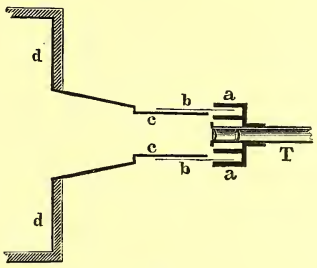
Anstatt mit dem vollendeten mikrophotographischen Apparat von Fritsch ihr Heil zu versuchen, hatten beinahe alle Jünger der mikrophotographischen Kunst nichts Eiligeres zu thun, als selbst einen „neuen" Apparat zu konstruiren. Ein Ersetzen der Kamera durch ein Papprohr oder durch ein mit Zeug überzogenes Drahtgestell musste als wichtige Neuerung herhalten. Es würde einen stattlichen Band füllen, wollten wir auf all die mitunter geradezu lächerlichen Ungethüme genauer eingehen, bei denen es zweifelhaft ist, ob man mehr die Unwissenheit oder den unpraktischen Sinn ihrer Verfertiger bewundern muss. Was soll man z. B. von den praktischen Erfahrungen eines Bézu, Hausser & Co.[2] halten, welche in allerneuester Zeit ein grossses, vierbeiniges Monstrum erbauten, bei dem die Visirscheibe in eine Seitenwand eingelassen ist? Natürlich wird hierbei das Instrumentarium durch einen Spiegel in der Kamera vermehrt, welcher die Strahlen auf diese Scheibe reflektirt.

[1]) A. a. O. S. 19.

[2]) Journal de micrographie t. XIII, 1889, p. 189.

Als vollkommenste, lichtdichte Verbindung zwischen Mikroskop und Kamera gilt diejenige, wo sich beide Theile überhaupt nicht berühren. Selbst der lichtdichte Aermel kann Erschütterungen der Kamera auf das Mikroskop übertragen und ein Verderben der Aufnahmen herbeiführen: Verfasser hatte wiederholt Gelegenheit, dies zu beobachten.

Eine eigenartige, von Zeiss angegebene Vorrichtung (Figur 13) führt nun völligen Lichtabschluss herbei, ohne gegenseitige Berührung beider Theile. In eine am Tubus *T* angebrachte doppelte Kapsel *a* schiebt sich eine Hülse *b* ein, die ihrerseits genau auf ein am Stirnbrett *d* der Kamera befestigtes Rohr *c* passt. Zeiss bewerkstelligt das Hineinschieben der Hülse in die Kapsel bei seinen ältereren Apparaten vermittelst Zahn und Trieb [1].



13.

Obgleich die an dem Apparate von Fritsch angebrachte Verlängerung der Mikrometerschraube vermittelst des Hooke'schen Schlüssels allen Anforderungen genügt, so wurden doch in der Folgezeit verschiedene Versuche gemacht, diese Verlängerung auf andere Weise zu bewerkstelligen. Sehr häufig brachte man neben der Kamera einen fest mit derselben verbundenen, um seine Achse drehbaren Metallstab an, der an seinem dem Mikroskop zugekehrten Ende ein für Schnurlauf eingerichtetes Rädchen trägt; der Kopf der Mikrometerschraube ist durch ein gleiches Rädchen ersetzt. Beide Räder werden nun durch eine Schnur derart verbunden, dass jede Drehung des Metallstabes eine Drehung der Mikrometerschraube zur Folge hat. Abgesehen davon, dass hierdurch Erschütterungen der Kamera leicht auf das Mikroskop sich übertragen, hat diese Anordnung noch den grossen Nachtheil, dass die Schnur einen seitlichen Zug auf den Tubus ausübt, wodurch die feinste Einstellung bei Anwendung starker Objektive ungemein erschwert wird.

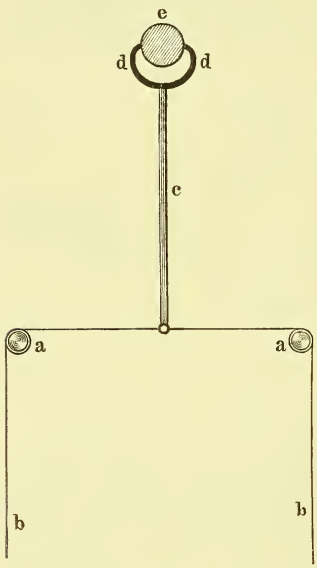
H. W. Walmsley suchte auf ganz andere Weise zum Ziele zu kommen: Er legte um den Kopf der Mikrometerschraube eine Schnur und leitete dieselbe über zwei, rechts und links vom Fuss des Mikroskops angebrachte Rollen längs der Kamera bis zur Einstellscheibe.

---

[1]) Zeiss, Katalog über Mikroskope und mikroskopische Hilfsapparate S. 68. Jena 1885.

Wenn die Mikrometerschraube leichten Gang hat, so kann man bei Anwendung schwacher Objektive auf diese Weise einstellen. Bei starken Objektiven, wo es auf minimale Drehungen der Schraube ankommt, ist dieser Schnurlauf nicht zu brauchen. Hier wirkt auch der seitliche Zug, den das Mikroskop erleidet, äusserst nachtheilig.

Im Jahre 1885 konstruirte Verf.[1] eine Verlängerung der Mikrometerschraube (Figur 14), welche auch bei stärksten Objektiven feinste Einstellung gestattet: Zwei längs der Kamera über Rollen *a* gleitende Schnüre *b* stehen mit einem zangenartigen Instrument *c-d* in Verbindung, welches man am Kopf der Mikrometerschraube *e* festklemmt. Der Stiel der Zange *c* besteht aus leichtem Holz, der obere Theil *d* aus Metall. Es leuchtet ein, dass jeder Zug an den Schnüren *b* eine geringfügige Drehung der Mikrometerschraube zur Folge hat. Die Erfahrung lehrt, dass man mit Hilfe dieser fast kostenlosen Vorrichtung selbst bei Anwendung stärkster Immersionen überaus fein einstellen kann. Bei der Aufnahme der am Ende dieses Buches befindlichen Mikrophotogramme wurde die Einstellung mit Hilfe dieser Schnüre bewerkstelligt.



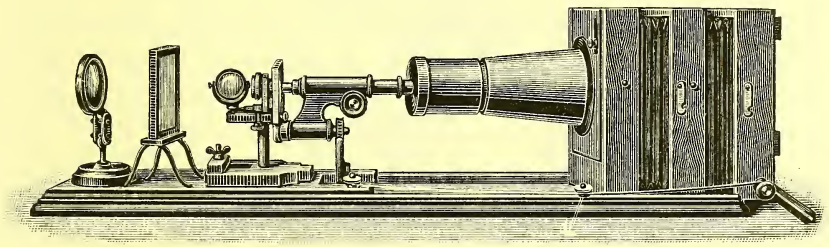
14.

Bevor man die Zange an die Mikrometerschraube anklemmt, muss, da unsere Vorrichtung etwa nur eine Viertelumdrehung der Schraube gestattet, das Bild auf der Visirscheibe leidlich scharf eingestellt sein. Man erreicht dies ohne jede Schwierigkeit, indem man nach Zusammensetzung des Apparats durch Vorwärts- oder Rückwärtsdrehen der Mikrometerschraube so lange probirt, bis leidliche Schärfe auf der Scheibe erzielt ist. Trägt die Mikrometerschraube oben einen kurzen cylinderförmigen Fortsatz, so lässt sich zur groben Einstellung auch folgendermassen verfahren: Man zieht über diesen Fortsatz ein etwa fingerlanges, eng anschliessendes Stück Gummischlauch und steckt in das freie Ende des letzteren einen Holzstab derart, dass das Ende dieses

[1]) Neuhauss, R., Anleitung zur Mikrophotographie S. 8. Berlin 1887, Klönne & Müller.

Stabes den soeben erwähnten Fortsatz berührt. Obgleich nun (wegen der vorgelagerten Kamera) dieser Holzstab mit der Axe der Mikrometerschraube einen Winkel bildet, so folgt die Schraube doch willig jeder Drehung des Stabes. Nach erzielter grober Einstellung wird der Schlauch abgezogen und die Zange mit den Schnüren angesetzt.

Bei dem von Klönne & Müller (Berlin N.W., Luisenstr. 49) zu beziehenden Apparate (Figur 15) ist sowohl die in Figur 13 dargestellte lichtdichte Verbindung zwischen Kamera und Mikroskop wie die soeben besprochene Verlängerung der Mikrometerschraube angebracht. Der Schnurlauf nach Jeserich [1] setzt an ein Rad an, dessen horizontale, mit Schraube ohne Ende versehene Achse den gezahnten Kopf der Mikrometerschraube bewegt. Bei Mikroskopen, welche eine besondere Schraube für grobe Einstellung haben, will Stenglein [2] auch diese durch Schnurlauf in Bewegung setzen.



15.

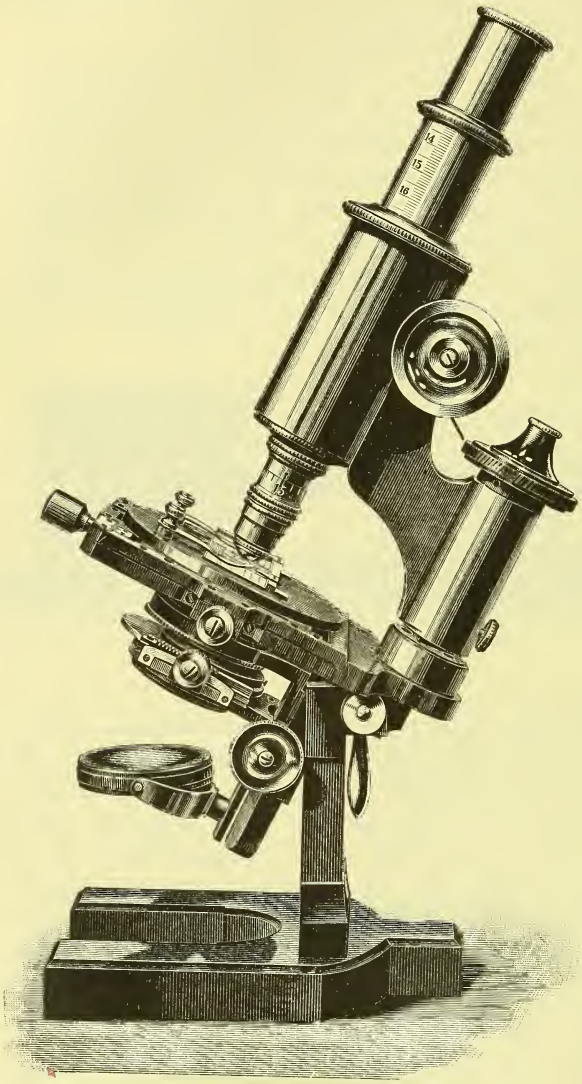
Im Jahre 1885 richtete sich das Bestreben des Verfassers darauf, Kamera und Mikroskop in noch vollkommenerer Weise zu trennen, als dies schon durch Fritsch geschehen war. Zu diesem Zwecke wurden Mikroskop und Kamera je auf gesondertem Tisch aufgestellt. Man könnte vielleicht glauben, dies sei übertriebene Aengstlichkeit; und in der That: Wer nur mit schwachen und mittelstarken Trockensystemen arbeitet, mag getrost Kamera und Mikroskop auf denselben Tisch stellen, oder gar auf demselben Laufbrett anbringen. Anders jedoch, wenn man mit Immersionen zu thun hat; hier kann die Trennung beider Theile nicht peinlich genug durchgeführt werden.

Die Aufstellung auf zwei Tischen bringt überdies die grosse Annehmlichkeit mit sich, dass man alle Verrichtungen am Mikroskop vor diesem sitzend in Ruhe und Bequemlichkeit ausführen kann. Nur muss

[1]) Jeserich, Die Mikrophotographie S. 133. Berlin 1888.

[2]) Centralblatt f. Bakteriologie u. Parasitenkunde. Bd. III, 1888, Nr. 15.

das trichterförmige, am Stirnbrett der Kamera anzubringende, leicht abnehmbare Zwischenstück eine Länge von wenigstens 35 cm haben.



16.

Stehen Mikroskop und Kamera auf demselben Tisch, so ist das Seitwärtsbiegen des Kopfes, welches nothwendig wird, um in den Tubus hineinzublicken, auf die Dauer in hohem Grade ermüdend.

In neuester Zeit kam Dr. R. Zeiss bei seinen Bemühungen, ein für alle Zwecke brauchbares Instrument herzustellen, zu genau dem gleichen Resultat[1]. Er ordnete beide Theile mit ihrem Zubehör, jeden für sich, auf besonderem Stativ an, um sie nur während der Aufnahme lichtdicht zu verbinden. Da dies Instrument als das vollendetste Modell eines mikrophotographischen Apparates gelten muss, so lassen wir genaue Beschreibung folgen.

1) Zeiss, Special-Katalog über Apparate für Mikrophotographie. Jena 1888.

Das Stativ (Figur 16) ist mit Zahn und Trieb zur groben, mit Mikrometerbewegung zur feinen Einstellung, mit Einrichtung zum Umlegen und rechtwinkliger Befestigung des umgelegten Obertheils ausgerüstet. Der aussergewöhnlich grosse Objekttisch hat zur leichten Durchmusterung des Präparats eine durch rechtwinklig zu einander stehende Mikrometerschrauben geführte Kreuzbewegung und ferner eine durch Zahn und Trieb vermittelten Drehung. Er besitzt besonders grosse Tischöffnung für Benutzung ganz schwacher Objektive mit aussergewöhnlich grossem Gesichtsfeld. Die Hülse für die unterhalb des Tisches angebrachten Beleuchtungslinsen ist in der optischen Axe durch Zahn und Trieb beweglich und so eingerichtet, dass sie aus der federnden Schiebhülse, in welcher sie steckt, leicht herausgenommen werden kann.

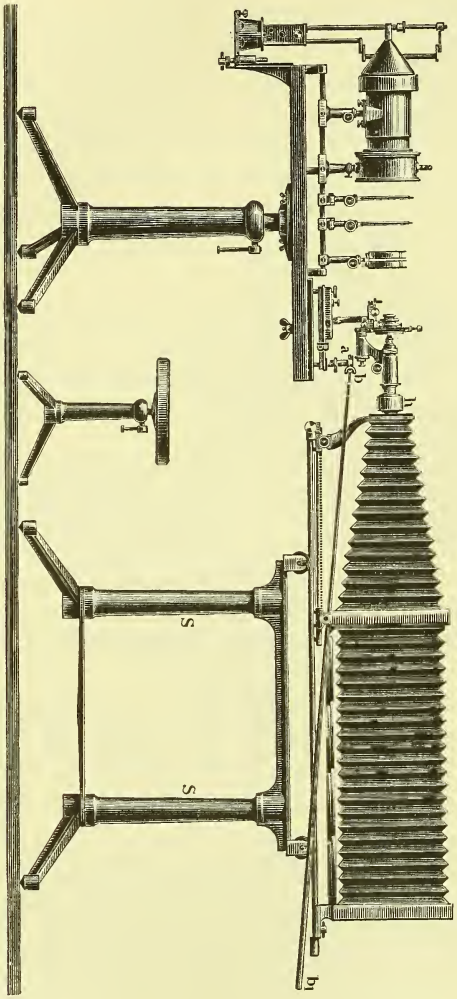
Der Mikroskoptubus wurde in ungewöhnlich grossem Durchmesser konstruirt, theils zur Verminderung der Reflexwirkung an der inneren Wand, theils um die Möglichkeit zur Benutzung ganz schwacher Objektive zu geben, deren langer Fokus ihre Verwendung innerhalb des Tubus nöthig macht.

Das Stativ, welches natürlich auch für die gewöhnlichen mikroskopischen Arbeiten verwendbar ist, findet seine Aufstellung auf einem, mit solidem eisernen Fusse ausgestatteten, in der Höhe verstellbaren Mikroskopirtisch (Figur 17). Letzterer besitzt eine schwarze geränderte Tischplatte, an deren einem, der Kamera zugekehrten Ende das Stativ — auf einer mit drei Stellschrauben versehenen Metallunterlage aufgeschraubt — zu stehen kommt. Der übrige Theil der Tischplatte wird eingenommen von der optischen Bank, die aus zwei starken Metallschienen bestehend die Nebenapparte für die Beleuchtung trägt.

An dem Kamera-Ende des auf drei Schrauben ruhenden Metalluntersatzes für das Mikroskopstativ befindet sich eine nach Belieben ein- und ausschaltbare Einrichtung *a*, welche die von der Kamera aus geschehende Bewegung eines Hooke'schen Schlüssels b-b_1 durch ein entsprechendes Zahnrad auf die gleichfalls mit Zähnen versehene Mikrometerschraube des Mikroskopstativs zu übertragen bestimmt ist. Endlich zeigt der Tubus eine leicht aufsteckbare doppelte Hülse *h*, in deren Zwischenraum ein entspechendes, am Mikroskop-Ende der Kamera angebrachtes Hülsenstück sich beim Heranrollen der Kamera einschiebt und so die lichtdichte Verbindung bewirkt, ohne dass die Kamera das Mikroskop berührt.

Die Kamera ruht auf einem leichten, festen Gusseisenstativ *S*, welches oben an den vier Ecken kleine Rollen trägt. Zwei am Boden

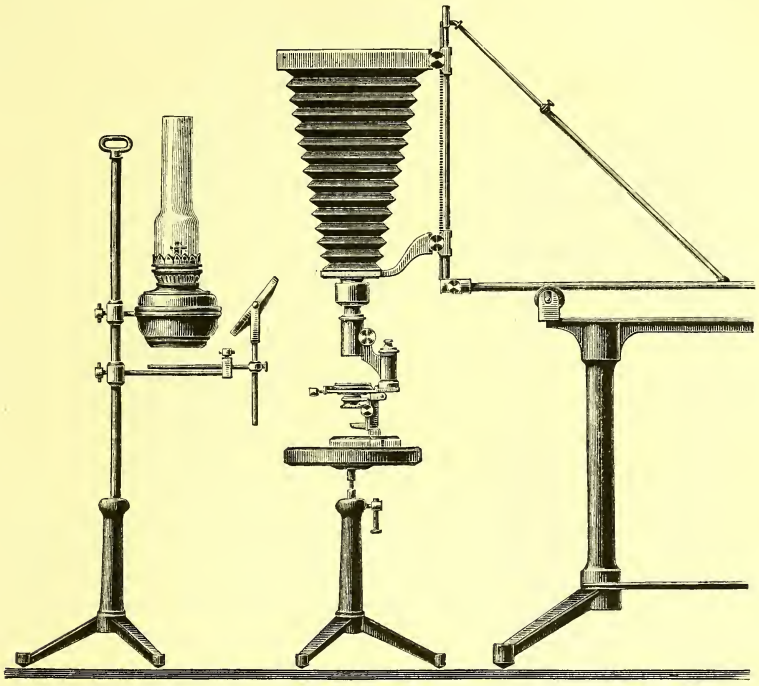
der Kamera angebrachte Eisenschienen ermöglichen, die Kamera auf den Rollen geräuschlos zu bewegen und zum Zwecke der Aufnahme dem Mikroskop derart zu nähern, dass die oben (Figur 13) beschriebene lichtdichte Verbindung beider Theile zu Stande kommt. Natürlich muss die Kamera mit ihrem Stativ in der optischen Achse des Mikroskops aufgestellt werden. Die Gesammtlänge des Kamerabalges beträgt $1\frac{1}{2}$m, doch gestattet der letztere durch Verkürzung die Anwendung jedes geringeren Bildabstandes. Der Wunsch, den Apparat gleichzeitig für Aufnahmen von flüssigen Präparaten einzurichten, führte zu einer Theilung der Kamera in zwei Hälften, deren eine (die vordere) sich aufklappen, und sowohl in senkrechter, wie in jeder schiefen Stellung fixiren lässt (Figur 18). Die Bewegung der Bildebene erfolgt bei diesem Theil durch starke Trieb- und Zahnstange, auf welcher sich auch das Mikroskopende der Kamera bewegen lässt. Am Stirnbrett kann leicht ein makroskopisches Photographen-Objektiv angebracht werden.



12.

Beide Hälften der Kamera sind für Kassetten von 24×24 cm Bildgrösse eingerichtet. Bei Einlage von Rahmen lassen sich auch Platten von beliebig geringerer Grösse verwenden.

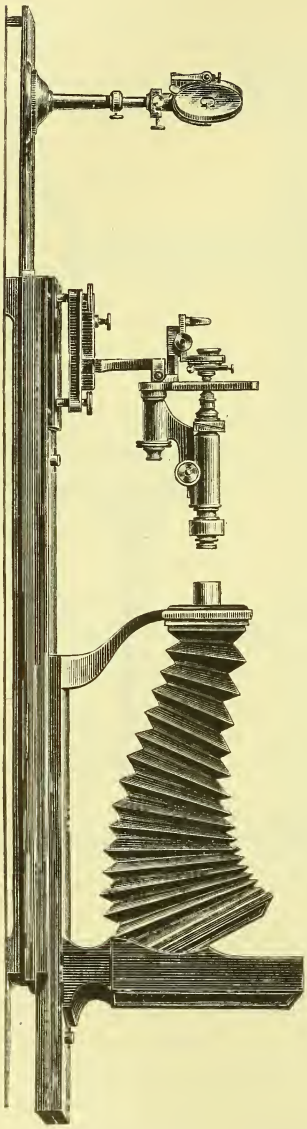
Zwei Einstellplatten, von denen eine mattgeschliffene für oberflächliche Orientirung über das Bild, die andere, durchsichtig und auf der Mikroskopseite mit Diamantstrichkreuz versehen, für feine Einstellung des Bildes mittelst einer Stellupe dient, vervollständigen die Einrichtung. Um bei reichlich vorhandenem Licht unter Anwendung schwacher Vergrösserung das Bild auf einem weissen Papierschirm einstellen zu können, wurde die Mikroskopseite mit weissem Papier



18.

überzogen und der Kamerabalg so eingerichtet, dass er sich an dem Kassettenende öffnen lässt und einen Blick auf die Papierfläche gestattet. Eine besondere Kassette dient zur Ermittlung der besten Expositionszeit; man kann mit derselben eine grössere Anzahl von Aufnahmen neben einander auf derselben Platte ausführen. Zu diesem Zwecke ist die Kassette in einer Führungsleiste verschiebbar und wird mit beliebigen Haltepunkten vor einem Blechspalt vorübergeführt, welcher nur einen schmalen Streifen des Bildes auf die empfindliche Platte gelangen lässt. —

Der Apparat von Zeiss lehnt sich in manchen Beziehungen eng an denjenigen von Fritsch an. Der ungewöhnlich weite Tubus, die Möglichkeit, den horizontalen Apparat in einen vertikalen umzuwandeln und der von jeder Berührung der Kamera ausgeschlossene Hooke'sche Schlüssel erinnern unmittelbar an den in Figur 11 und 12 abgebildeten Universalapparat. In Folge der schlanken Bauart der Kamera von Zeiss besitzt hier der Hooke'sche Schlüssel nur ein einziges Winkelgelenk — gewiss ein nicht zu unterschätzender Vortheil.

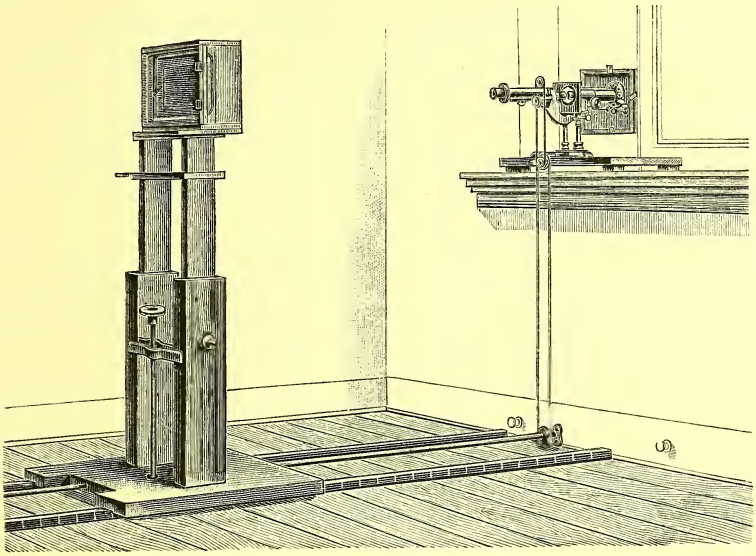


19.

Zeiss fertigt neben dem grossen auch noch einen kleinen Apparat (das sog. Modell Francotte), der unter möglichster Beschänkung der Kosten zur Verwendung mit jedem umlegbaren Mikroskopstativ konstruirt wurde und nur die unentbehrlichsten Theile enthält. Mikroskop und Kamera sind auf einem mit Schienen versehenen Brett angebracht. Das Mikroskop wird auf einer mit Stellschrauben ausgestatteten Unterlage festgeschraubt. Die kurze Balgkamera lässt sich zwischen den Holzschienen hin- und herbewegen. Sie wird zum Zwecke der Aufnahme dem Tubus derart genähert, dass die am Stirnbrett befindliche Metallhülse sich in eine oben am Tubus angebrachte Doppelhülse einschiebt. Eine Verlängerung der Mikrometerschraube kommt wegen der kurzen Balgenlänge (60 cm) nicht in Frage.

Da es nicht in dem Plane dieses Werkes liegt, alle die ungezählten mikrophotographischen Apparate, welche im Laufe der Jahrzehnte empfohlen wurden, und die sich nur durch Gott weiss welche Neben-

sächlichkeiten von einander unterscheiden, genau zu beschreiben, so können wir es bei den im Vorhergehenden aufgeführten Instrumenten bewenden lassen. Es sind damit der Hauptsache nach diejenigen Apparate namhaft gemacht, welche entweder einen besonderen geschichtlichen Werth besitzen, oder durch ihre Eigenart auf die Entwicklung der Mikrophotographie einen bestimmenden Einfluss ausübten, oder als Repräsentanten besonderer Gruppen gelten müssen. Zum Schluss sei noch erwähnt, dass Woodward in Amerika, (Kriegsdepartement zu Washington) sich zu seinen Aufnahmen eines ver-



20.

dunkelten Zimmers bedient. In die Fensterladen sind rothe Scheiben eingesetzt, welche chemisch unwirksames Licht einlassen. Das Mikroskop ruht auf dem Fensterbrett und erhält sein Licht durch eine kleine Oeffnung in den Fensterladen. Der Tubus ragt wagerecht frei in das Zimmer hinein (Figur 20). Der Rahmen, welcher die Visirscheibe und während der Aufnahme die empfindliche Platte trägt, ist auf einem Gestell befestigt, das mit Rollen auf einer drei Meter langen Bahn von zwei parallelen, in den einander gegenüber liegenden Wänden des Zimmers eingelassenen eisernen Schienen hin- und hergeschoben und an jeder beliebigen Stelle mittelst einer Klemme angehalten werden kann. Mitten zwischen den beiden Schienen und parallel mit ihnen

verläuft eine gerade eiserne Welle, deren Enden sich in Lagern drehen. Auf diese Welle ist ein konisches Zahnrad aufgestellt, welches einen Zapfen besitzt, der in eine der ganzen Länge nach in die Welle eingestossene Nuthe passt. Man kann daher das Rad von einem Ende der Welle bis zum anderen hinschieben, aber nicht um seine Axe drehen, ohne zugleich die Welle mit in Drehung zu versetzen. In die Zähne dieses vertikal stehenden Rades greifen diejenigen eines anderen, horizontalen ein, dessen vertikale Welle durch passend angebrachte Führungen an dem verschiebbaren Untergestell der Visirscheibe hindurchgehen. Eine Klammer hält die beiden konischen Zahnräder bei allen Verschiebungen des Gestelles der Visirscheibe zusammen, sodass eine Drehung an dem breiten Knopfe der vertikalen Welle jederzeit eine Drehung der langen horizontalen Welle zur Folge hat. Am vorderen Ende der letzteren, also unter dem Fensterbrett, welches das Mikroskop trägt, ist ein mit Rille versehenes kleines Rad befestigt, das durch Schnurlauf mit einem entsprechenden Rade am Kopfe der Mikrometerschraube in Verbindung steht.

Die grobe Einstellung des Bildes auf der frei stehenden matten Glasplatte nimmt der Photograph noch am Mikroskop stehend vor und begiebt sich dann an das Gestell der Visirscheibe, um von hier aus die feine Einstellung zu bewerkstelligen[1].

Irgend welche Bedeutung ist diesem Zimmerapparat, welcher auf die ersten Anfänge der Mikrophotographie (vergl. Seite 1) zurückgreift, nicht beizumessen. Es erscheint kaum glaublich, dass es gelingt, mit dieser überaus komplicirten Verlängerung der Mikrometerschraube scharf einzustellen; doch hat Woodward bewiesen, dass man selbst mit solchen Einrichtungen gute Photogramme fertigen kann. —

Endlich sei noch einer Einrichtung Erwähnung gethan, welche Nachet[2] vorschlug. Derselbe bringt, um das aufzunehmende Objekt kontrolliren zu können, ohne dabei die lichtdichte Verbindung zwischen Kamera und Mikroskop zu lösen, einen für den Beobachter bestimmten, von dem Haupttubus sich abzweigenden Seitentubus an. Ein von aussen verschiebbares Prisma leitet, sobald es durch einen Drücker in geeignete Lage gebracht ist, die vom Objektiv kommenden Strahlen durch den Seitentubus in das Auge des Photographen. Die Kammera steht mit dem Haupttubus in Verbindung.

Dergleichen Vorrichtungen sind zum Mindesten überflüssig; sie

---

[1]) Beale, How to work with the microscope. 4. ed. London 1868.
[2]) Journal. R. Microsc. Soc. Ser. II, vol. VI, 1886, pt. 5 p. 840.

vertheuern, da sie ein besonderes Mikroskopstativ erforderlich machen, den mikrophotographischen Apparat sehr wesentlich. Die Kontrolle des Präparats wird sich immer am Einfachsten dadurch bewirken lassen, dass man nach Herausnahme eines hinreichend grossen, trichterförmigen Zwischenstücks, oder, wie bei den Apparaten von Zeiss, nach Zurückrollen der Kamera den Kopf zwischen Kamera und Tubus bringt.

Die mikrophotographischen Apparate, welche man für besondere Zwecke, z. B. zu Augenblicks- spektroskopischen und stereoskopischen Aufnahmen konstruirte, sollen erst an späterer Stelle (Abschnitt V) besprochen werden, da zum Verständnis derselben Vorkenntnisse über Objektive, Okulare, die Lichtquellen und die Beleuchtung erforderlich sind.

---

2. Allgemeine, bei Anschaffung eines mikrophotographischen Apparats massgebende Gesichtspunkte.

Nachdem wir die hauptsächlichsten Formen der mikrophotographischen Apparate kennen gelernt haben, wollen wir die Anforderungen, die an einen guten Apparat zu stellen sind, noch einmal kurz durchsprechen und einige Fingerzeige geben, die bei der Anschaffung derartiger Instrumente vielleicht von Nutzen sein können.

Das Angebot mikrophotographischer Apparate ist gegenwärtig ein so grosses, dass es schwer fällt, überhaupt eine Wahl zu treffen. Wer über bedeutende Mittel verfügt, wird nicht einen Augenblick zögern, mit dem grossen Apparat von Zeiss sein Heil zu versuchen. Derselbe ist bis in alle Einzelheiten auf's Sauberste ausgeführt, besitzt alle Verbesserungen, welche die Neuzeit brachte, genügt mit einem Worte den höchsten Anforderungen, aber er kostet mit Zubehör, ohne Objektive und Okulare, rund 1400 Mark. Eine gleich grosse Summe ist erforderlich zur Anschaffung der Apochromat-Objektive und Okulare, ferner 200 M. für einen Heliostaten, sodass also 3000 M. verfügbar sein müssten. Aus diesem Grunde kommt der Apparat von Zeiss hauptsächlich für reich bemittelte Institute in Frage, wo er dann in prächtigen Räumlichkeiten aufgestellt wird, um, wie wir bei

einer Reihe von Fällen aus Erfahrung wissen, niemals benutzt zu werden.

Wer weniger reich mit Glücksgütern gesegnet ist, aber nicht alle Geduld und Ausdauer bei der Arbeit verloren hat, wird vielleicht bessere Mikrophotogramme, als sein mit einem grossen Zeiss arbeitender Kollege zu Wege bringen, wenn er sich einen besonderen mikrophotographischen Apparat überhaupt nicht anschafft. Man kann mit einem gewöhnlichen Mikroskop und der einfachen Turisten-Kamera in allen Fällen auskommen. Verfasser verfährt seit Jahren ausschliesslich folgendermassen: Ein mittelgrosses Hartnack'sches Stativ mit umlegbarem Fuss wird auf dem Boden einer umgestülpten, kleinen Kiste festgeschraubt; die Kiste ruht auf einem soliden Tisch und bietet Raum genug für die aus einem einfachen Holzbrett bestehende optische Bank. Die Turisten-Kamera (Format 13×21 cm), welche nebenbei bemerkt schon die Strapazen einer Reise rund um die Erde durchgemacht hat, wird auf einem schweren, aber ganz einfachen Stativ, wie solches die Photographen bei ihren Aufnahmen im Atelier benutzen, befestigt und in etwa 50 cm Entfernung vom Tubus-Ende aufgestellt. Ein weites Papprohr, das sich am Stirnbrett der Kamera leicht ansetzen und ebenso leicht wieder abnehmen lässt, vermittelt die Verbindung von Kamera und Mikroskop. Der Lichtabschluss wird auf die in Figur 13 dargestellte Weise, die Verlängerung der Mikrometerschraube durch Schnurlauf (Figur 14) bewerkstelligt.

Die am Ende des Buches beigegebenen Mikrophotogramme wurden, wie viele hundert andere, mit dieser Vorrichtung gefertigt. —

Mag man sich eine neue Kamera kaufen, oder eine alte durch Verlängerung auf 1 bis 1½ Meter (Balgen unter einem Meter legen in der Vergrösserung zu grosse Beschränkungen auf) für die Mikrophotographie brauchbar machen, immer ist genau darauf Acht zu geben, dass durchaus kein Nebenlicht auf die Platte gelangt und der Balg in allen seinen Theilen genügend weit ist, um Reflexion an den Wänden auszuschliessen. Blickt man in den zur Aufnahme fertig vorbereiteten Apparat, so darf nur im Grunde der Kamera ein einziger hell leuchtender Punkt, das vom Objektiv kommende Lichtbündel, sichtbar werden, während alles Uebrige in tiefste Dunkelheit gehüllt bleibt, gleichgiltig ob die Kamera in ihrem Innern weiss oder schwarz angestrichen ist. Die allgemein übliche Schwärzung hat nur insofern Bedeutung, als sie das von der Platte reflektirte Licht unschädlich macht. Soll der Apparat auch für starke Vergrösserungen Verwendung finden, so darf Kamera und Mikroskop nicht auf demselben Laufbrett

befestigt werden. Das Beste ist, beide Theile auf gesondertem Tisch aufzustellen. Zur Einstellung dient eine matte Glasplatte und eine durchsichtige Spiegelscheibe, erstere zur allgemeinen Orientirung über Lage und Grösse des Bildes, letztere zur feinen Einstellung. Der weissen Pappscheibe legen wir keine Bedeutung bei. Als Verbindung zwischen Kamera und Tubus kann heutigen Tags nur die in Figur 13 dargestellte Vorrichtung, als Verlängerung der Mikrometerschraube nur der frei neben der Kamera liegende Hooke'sche Schlüssel, oder, wo es sich um möglichste Geldersparnis handelt, der Schnurlauf (Figur 14) in Frage kommen.

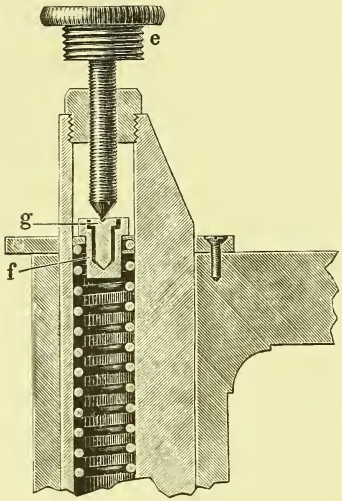
Die grossen Mikroskopstative sind für mikrophotographische Zwecke weniger geeignet, als die kleineren, und zwar lediglich ihres grösseren Gewichts wegen. Ist mit nicht allzu schwachem Objektiv auf der Visirscheibe scharf eingestellt, so wird man die unangenehme Wahrnehmung machen, dass schon nach kurzer Zeit die Schärfe des Bildes zu wünschen übrig lässt. Die einzelnen Metalltheile des Stativs haben, begünstigt durch die horizontale Lage, wenn auch nur minimal, ihre gegenseitige Stellung geändert und dabei den Abstand des Objektivs vom Objekt vergrössert oder verringert. Erst nach längerer Zeit, mitunter nach stundenlangem Stehen des Apparats, tritt Stillstand ein; aber das Auswechseln des Präparats gegen ein anderes genügt, um wiederum spontane Veränderung der Einstellung in's Werk zu setzen. Dieser ein erfolgreiches Arbeiten so sehr beeinträchtigende Fehler haftet wie gesagt den grösseren, schweren Stativen in höherem Masse an, als den kleineren. Bei sehr kurzen Expositionen, wie sie bei Sonnenlicht möglich sind, werden hierdurch Störungen nicht verursacht. Doch weiss Jeder, dass die Sonne in unseren Breiten nicht täglich zu haben ist. Da man nun bei weniger intensiven künstlichen Lichtquellen oft recht lange belichten muss, so eröffnet sich der Erfindungsgabe ein weites Feld. Vielleicht wird man dazu kommen, für die Mikrophotographie ganz besondere, in der Gestalt von den bisherigen Stativen gänzlich abweichende Mikroskopstative zu bauen, bei denen ein Verziehen unter allen Umständen ausgeschlossen ist[1]. Dass auch gelegentlich Erwärmung des Stativs durch eine in der Nähe aufgestellte Lampe eine Veränderung der Einstellung herbeiführen kann, braucht nicht besonders bemerkt zu werden.

Nicht wenig Stative aus optischen Werkstätten zweiten und dritten

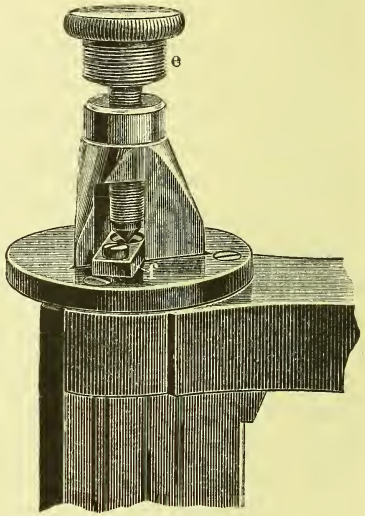
[1]) Wie wir hören, ist Hartnack in Potsdam in der That damit beschäftigt, ein derartiges Stativ zu konstruiren, bei dem allen Faktoren, welche die Aenderung der Einstellung herbeiführen, auf's Sorgfältigste Rechnung getragen ist.

Ranges sind so mangelhaft gearbeitet und so unsauber durchgeführt, dass jedes Gelenk und jede Hülse schlottert. Mit einem derartigen Instrument wird man niemals Brauchbares zu Stande bringen.

Ein hochwichtiger Punkt ist ferner die genau senkrechte Stellung der Tubus-Achse zur Ebene des Objekttisches. Hierin lassen beinahe alle Stative, welche nicht speciell für mikrophotographische Zwecke gearbeitet sind, zu wünschen übrig. Dieser Fehler macht sich in den Bildern dadurch kenntlich, dass die eine Hälfte weniger scharf er-



21.



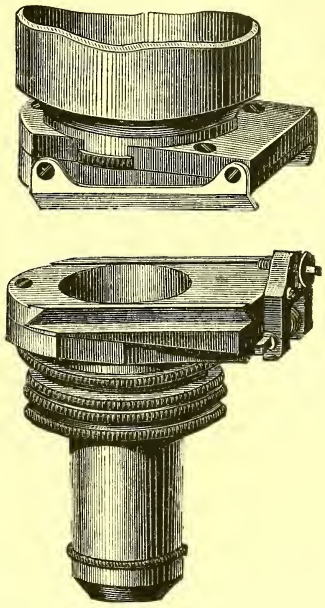
22.

scheint als die andere. Abhilfe schafft nur Zurücksenden des Stativs an den Mechaniker und genaues Richten des Objekttisches.

Mikroskope mit weitem Tubus, wie sie zuerst Fritsch und dann Zeiss empfahlen, verdienen für unsere Zwecke stets den Vorzug vor den gewöhnlichen engen Rohren, weil die an den Seitenwänden entstehenden Reflexe sich bei der Photographie weit unangenehmer bemerkbar machen, als bei der Okularbeobachtung, und Blenden, die man in den Tubus einsetzt, die Beschaffenheit und Ausdehnung des Bildes beeinflussen können. Schwärzen der Innenwand bleibt stets ein gänzlich ungenügender Nothbehelf.

Ist ein leichter Gang der Mikrometerschraube schon bei der Okularbeobachtung ein nicht zu unterschätzender Vortheil, so wird derselbe bei photographischen Arbeiten um so werthvoller, als er die feinste

Einstellung auf der Visirscheibe ungemein erleichtert. Vor allen Dingen muss todter Gang der Schraube ausgeschlossen sein. In neuerer Zeit wurde die mechanische Einrichtung der Mikrometerschraube wesentlich vervollkommnet. Figur 21 und 22 verauschaulichen den jetzt vielfach verwendeten Mechanismus, bei dem neben sehr sanftem Schraubengange die Garantie geboten wird, dass das mikroskopische Bild völlig unverrückt bleibt, da der Tubus nicht die geringsten Schwankungen vollführt. Das Wesentliche dieser Einrichtung besteht in einem kleinen Stift *g* (Figur 21), welcher locker in einem unten geschlossenen kleinen Eisencylinder *f* ruht und auf dessen Oberseite der Endkonus der Mikrometerschraube *e* drückt. Durch diese Einschaltung des beweglichen Stiftes, welcher eigentlich nur eine Verlängerung der Mikrometerschraube darstellt, ist letztere gleichsam mit einem Kugelgelenk versehen.



23.

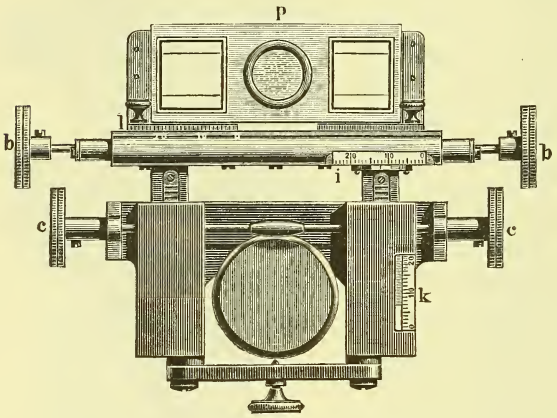
Eine Kreistheilung des Schraubenkopfes der Mikrometerschraube ist wünschenswerth, weil sie, was zur Korrektion der im folgenden Abschnitt zu besprechenden Fokusdifferenz von Wichtigkeit ist, gestattet, die Hebung und Senkung des Tubus genau zu messen. Bei den neuen Stativen von Zeiss entspricht ein Zwischenraum der Theilung einer Bewegung des Tubus in der optischen Achse von 0,01 mm.

Da bei den neuen Objektiven sorgfältiges Einhalten der vorgeschriebenen Tubuslänge Bedingung zum Gelingen des Bildes ist, so wird man denjenigen Stativen den Vorzug geben, welche entweder die erforderliche Tubuslänge (160 mm) haben oder einen mit Massstab versehenen Auszug besitzen.

Von grosser Annehmlichkeit ist eine leicht zu handhabende und sicher funktionirende Vorrichtung zum schnellen Auswechseln der Objektive. Die bisher allgemein üblichen Revolver-Vorrichtungen sind für die Mikrophotographie nicht zu brauchen, da in Folge von mangelhafter Centrirung derselben das Präparat nach jedem Auswechseln verschoben werden müsste. Um dies zu vermeiden, konstruirte Zeiss

in neuerer Zeit einen Schlitten-Objektivwechsler[1] (Figur 23), bei dem die Centrirung eine so vollkommene ist, dass die Mittelpunkte der Gesichtsfelder genau auf denselben Punkt des Präparates fallen.

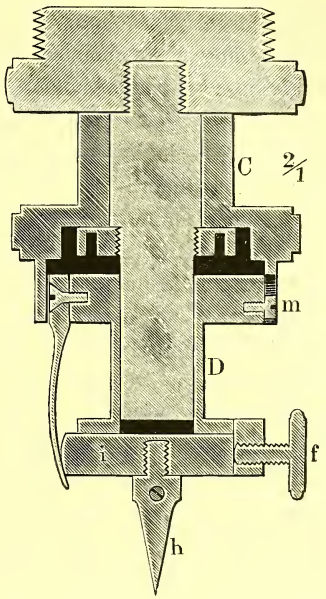
Wir dürfen nicht unterlassen, noch zwei Hilfsapparate zu besprechen, welche dem Mikrophotographen die Arbeit recht zu erleichtern im Stande sind: den beweglichen Objekttisch und den Markirapparat. Handelt es sich darum, einen am Rande des Sehfeldes befindlichen Punkt in die Mitte zu bringen, so ist dies, soll es mit der Hand auf unbeweglichem Objekttisch ausgeführt werden, eine starke Geduldprobe. Ueberdies wird die systematische Durchmusterung von Präparaten, welche sich oft genug als nothwendig erweist, um die beste Stelle des Objekts für die Aufnahme herauszusuchen, durch den beweglichen Tisch ungemein erleichtert. Endlich ermöglicht letzterer die schnelle Wiederauffindung einer bestimmten Stelle — bei den häufigen Wiederholungen photographischer Aufnahmen ebenfalls ein nicht zu unterschätzender Vortheil. Der Objekttisch des grossen Stativs für Mikrophotographie von Zeiss besitzt eine durch rechtwinklig zu einander stehende Mikrometerschrauben bewerkstelligte Kreuzbewegung. Für gewöhnliche Tische konstruirte man leicht anzubringende Vorrichtungen, wie den Pendelobjekttisch von Klönne & Müller und den Finder von C. Reichert (Figur 24). Bei letzterem geschieht die Bewegung des Präparats *p* durch die Schrauben *b* in der Quer- und *c* in der Längsrichtung. Hat man beim Absuchen des Präparats eine wichtige Stelle entdeckt, so lässt sich diese leicht wiederfinden, wenn man die Stellung der drei Theilungen *i, k, l* notirt und später, nach gleichem Einspannen des Objektträgers, diese drei Stellungen wieder hervorbringt.



24.

[1]) Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie Bd. IV, 1887, S. 293.

Gilt es, eine bestimmte Stelle im Objekt derart kenntlich zu machen, dass auch ein Anderer, welcher einen ‚Finder' nicht besitzt, dieselbe leicht wiederfinden kann, so tritt der Markirapparat in seine Rechte. Figur 25 zeigt einen solchen, wie ihn R. Winkel in Göttingen liefert. Mit demselben werden die im Präparat kenntlich zu machenden Stellen durch kleine, vermittelst einer Diamantspitze in das Deckglas zu ritzende Kreise bezeichnet. Zum Gebrauch schraubt man, nachdem die zu markirende Präparatstelle in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht und der Objektträger durch Klammern festgelegt ist, das Objektivsystem vom Tubus ab und ersetzt es durch den Markirapparat, giebt *h* durch Drehen der Schraube *f* eine dem gewünschten Kreisdurchmesser entsprechende Stellung und senkt den Tubus so weit, dass der Schraubenstift *m* in seinem Schlitze etwas gehoben wird. Dann drückt die Hülse *D i h* mit ihrem Gewicht die Spitze auf das Deckgläschen. Dreht man nun die Drehhülse *C* ein Mal um sich selbst, so ritzt *h* einen zarten Kreis in das Deckglas, in dessen Mittelpunkt sich die zu markirende Stelle befindet [1].



25.

Den Werth einer derartigen Vorrichtung lernt man erst schätzen, wenn man, wie Verf. dies zu wiederholten Malen erlebte, Präparate zur photographischen Aufnahme zugesendet erhält, in denen, trotz beigefügter Zeichnungen, die abzubildende Stelle nicht aufzufinden ist.

[1]) Behrens, Kossel und Schiefferdecker, Das Mikroskop S. 49. 1889.

3. Die Aufstellung des mikrophotographischen Apparats.

Zum Gelingen der Aufnahmen ist die Aufstellung des mikrophotographischen Apparats auf fester Unterlage in einem vor Erschütterungen geschützten Raume unbedingt nothwendig.

Zeiss [1] stellt seinen Apparat in einem zur ebenen Erde gelegenen Zimmer eines sonst unbewohnten Hauses auf zwei in den Boden eingelassene Steinplatten. Die Dielen sind mit dem Fundament nicht in Berührung; man kann daher selbst während der Exposition unbeschadet im Zimmer umhergehen.

Eine derart zweckmässige Einrichtung werden sich nur die wenigsten Mikrophotographen schaffen können. Die Mehrzahl bleibt angewiesen auf eine in belebter Strasse gelegene Wohnung, welche durch Hin- und Herlaufen der übrigen Hausgenossen, durch Zuschlagen der Thüren und Rollen vorüberfahrender Wagen beständig in Schwingungen versetzt wird. Bei nöthiger Vorsicht lässt sich jedoch auch unter solchen Verhältnissen Treffliches leisten.

Im Allgemeinen gilt Folgendes als Regel: Die durch Bewegung schwerer Gegenstände auf Hof und Strasse hervorgerufenen Erschütterungen machen sich in den oberen Stockwerken der Gebäude am meisten bemerkbar. Man wird deshalb wenn möglich einen in den unteren Geschossen gelegenen Raum als Arbeitszimmer wählen. Hierbei fällt nun wieder der Umstand in's Gewicht, dass bei hohen gegenüberliegenden Häusern die so wünschenswerthe Benutzung des Sonnenlichts in den unteren Stockwerken entweder garnicht oder nur an einem kleinen Theil des Tages möglich wird. Um Sonnenschein in ausgiebiger Weise verwenden zu können, sollte das Fenster des Arbeitszimmers nach Süden gelegen sein; doch das sind fromme Wünsche, die sich in der Grossstadt oft bei dem besten Willen nicht erfüllen lassen.

Wer in einem hart an belebter Strasse gelegenen Zimmer mikrophotographische Aufnahmen macht, wird selten zu befriedigenden Resultaten gelangen. Ein möglichst von der Strasse entfernt gelegener Raum bleibt stets vorzuziehen.

Von den im Gebäude selbst vorhandenen Ursachen der Erschütterung sind diejenigen die nachtheiligsten, welche in dem über dem

[1]) Zeiss, Special-Katalog S. 8.

Arbeitszimmer gelegenen Raume wirken. Ein Hin- und Hergehen daselbst hat häufig ununterbrochene Schwingungen des Mikroskops zur Folge, und zwar macht sich dies um so mehr bemerkbar, je grösser das Zimmer ist. Aus diesen Gründen sieht sich der Mikrophotograph häufig gezwungen, sein zeitraubendes, mühevolles Werk erst zu beginnen, wenn die Ruhe der Nacht einkehrt.

Sehr zu empfehlen ist die Unterlage einer dreifachen Schicht von dickem Filz unter die Füsse der Gestelle und Tische, welche Mikroskop und photographische Kamera tragen. Leichte Erschütterungen des Fussbodens werden hierdurch völlig unschädlich gemacht. Freilich schützt auch dies Mittel nicht gegen das Erbeben des ganzen Gebäudes, welches durch vorüberfahrende Lastwagen erzeugt wird.

Der Standort des Apparats im Zimmer muss so gewählt werden, dass Kamera und Mikroskop bequem von allen Seiten zugänglich sind. Am besten steht derselbe etwa 1 bis 1 ½ m von der Südwand des Zimmers entfernt, und zwar so, dass seine optische Achse mit dem vom Heliostaten horizontal in das Zimmer geleiteten Strahlenbündel einen rechten Winkel bildet.

Der eigenartige, durch Drehung um seine polare Achse der Sonne folgende grosse Apparat von Benecke (s. Figur 10) erfordert Aufstellung im Freien oder unter drehbarer Kuppel, ähnlich derjenigen, unter welcher die grossen Refraktoren und Heliometer der Sternwarten zu stehen pflegen. Benecke[1] konstruirte hierfür ein transportabeles Häuschen, welches zugleich das Dunkelzimmer enthält. Das kleine Gebäude steht auf einem freien Platze, mit seiner Längsachse genau im Meridian des Ortes. Der auf vier Pfählen ruhende Fussboden befindet sich etwa ½ m über der Erde. Der Innenraum ist durch eine lichtdichte, mit Thür versehener Wand in zwei Theile geschieden, von denen der eine als Dunkelkammer, der andere mit Kuppel versehene, als Aufnahmezimmer dient. In der Mitte des letzteren steht auf einem mit Sand gefüllten Kasten, der durch den Fussboden frei hindurchgeht und auf drei in die Erde gerammten Pfählen ruht, das Stativ des Apparats, dessen parallaktische Achse nach sorgfältigen Beobachtungen in die richtige Lage gebracht und in dieser unverrückbar befestigt ist. Die Schraube ohne Ende, welche die Kamera um ihre parallaktische Achse dreht, lässt sich leicht mit einem Uhrwerk in Verbindung setzen; man braucht sich dann um die scheinbare Bewegung der Sonne nicht zu kümmern.

[1]) Benecke, Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung S. 194.

Das über einem Gerippe von Bandeisen aus Eisenblech konstruirte Kuppeldach ruht auf drei Rollen und lässt sich daher mit Leichtigkeit drehen. Entsprechend den Kuppeln der Sternwarten hat dieselbe an einer Seite eine 20 cm breite spaltartige Oeffnung, die vom unteren Rande bis zum Pole sich erstreckt und durch einen Schieber wetterdicht geschlossen werden kann. Durch diesen Spalt gelangt das Sonnenlicht in die Achse des mikrophotographischen Apparats.

Schade um die kostbare Zeit, die zur Ausführung einer völlig unfruchtbaren Idee aufgewendet wurde!

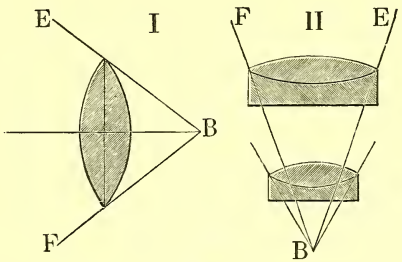
ZWEITER ABSCHNITT.

Objektive und Okulare.

1. Allgemeines.

Zum Verständnis der folgenden Seiten sind einige Vorbemerkungen aus dem Gebiete der Optik unbedingt erforderlich. Doch müssen wir uns kurz fassen; wer sich über diese Dinge genauer unterrichten will, findet Ausführliches in den vortrefflichen Lehrbüchern von Dippel [1] und Behrens [2].

Von wesentlicher Bedeutung für die Leistungsfähigkeit einer Linse ist ihr Oeffnungswinkel, welchen man erhält, wenn man zwei gegenüberliegende Ränder derselben mit dem Brennpunkte verbindet (*E B F* in Figur 26). Entsprechend gestalten sich die Verhältnisse bei Linsensystemen.



26.

Der Oeffnungswinkel einer Linse oder eines Systems wird den Werth von 180 ° niemals voll erreichen, da die Dicke des Deckgläschens immer einen gewissen Abstand des Objekts von der Frontlinse bedingt.

[1]) Dippel, L., Handbuch der allgemeinen Mikroskopie. Braunschweig 1882, Vieweg & Sohn. Dippel, L., Grundzüge der allgemeinen Mikroskopie. Braunschweig 1885, Vieweg & Sohn.

[2]) Behrens, Kossel u. Schiefferdecker, Das Mikroskop und die Methoden der mikroskopischen Untersuchung. Braunschweig 1889, Bruhn.

Bei Wasser- und Oel-Immersionen giebt der in Luft gemessene Oeffnungswinkel keinen Ausdruck für die Leistungsfähigkeit des Systems. Man war deshalb darauf bedacht, einen für alle Systeme giltigen Ausdruck abzuleiten, bei dem neben dem Oeffnungswinkel auch der Brechungsindex des zwischen Deckglas und Objektiv befindlichen Mediums in Rechnung gezogen wird. In sehr vollkommener Weise erreichte dies Prof. Abbe, indem er das Produkt aus dem Brechungsindex *n* des zwischen Deckglas und Objektiv befindlichen Mediums und dem Sinus des halben Oeffnungswinkels *u* bildete und diese Grösse die numerische Apertur *a* des Systems nannte:

$$n. \sin u = a.$$

Da der halbe Oeffnungswinkel aus dem oben angegebenen Grunde 90° niemals erreicht, so bleibt die num. Apertur eines Trockensystems immer kleiner als 1 [1].

Der Brechungsexponent des Wassers beträgt 1,33, derjenige des für Oel-Immersionen verwendeten eingedickten Cedernholzöls, ebenso wie derjenige des Glases, 1,52. Doch lässt sich in der Praxis die Apertur der Wasserimmersion mit Vortheil nicht über 1,25, diejenige der Oel-Immersion nicht über 1,40 steigern.

Bei den Versuchen, die num. Apertur eines Systems noch zu vergrössern und demnach die Möglichkeit zu geben, noch mehr vom Objekt ausgehende Strahlen in das reelle Bild überzuführen, stösst man auf bedeutende Schwierigkeiten. Die Frontlinse sowohl, wie alle Medien zwischen dieser und dem Objekt müssten aus Substanzen bestehen, deren Brechungsindex grösser ist als derjenige des bisher benutzten Glases. Der Brechungsindex des Diamants beträgt nun 2,4; doch würde, abgesehen davon, dass die Dichtigkeit des Diamants häufig keine gleichmässige ist, die Beseitigung der Farbenzerstreuung und der sphärischen Abweichung Schwierigkeiten bereiten. Die Farbenzerstreuung liesse sich allerdings durch ausschliessliche Benutzung von monochromatischem Licht umgehen.

Diamantlinsen wurden schon im Jahre 1824 von Pritchard geschliffen, später auch von Adie, Blackie, Chevalier, Oberhaeuser und Plössl; doch erstrebte man mit denselben nicht eine Vergrösserung der Apertur der Systeme, da Tauch-Systeme damals überhaupt noch unbekannt waren.

Zur Erreichung einer grösseren Apertur als 1,40 wäre es keines-

---

[1]) sin 90° wäre gleich 1, und n, der Brechungsexponent von Luft, ist ebenfalls gleich 1.

falls nothwendig, zum Diamant zu greifen, da die Herstellung von Glassorten mit einem Brechungsindex von 1,8 bis 1,9 möglich ist.

In jüngster Zeit gelang es Abbe-Zeiss thatsächlich. ein Objektivsystem mit num. Apertur 1,60 zu konstruiren [1]. Die vorderste Linse ist ein Flintglas vom Index 1,72. Als Immersionsflüssigkeit dient Monobromnaphthalin (Brechungsindex 1,66). Das zu den Deckgläschen benutzte Flintglas hat ebenfalls den Index 1,72. Zur vollen Ausnutzung der Apertur des Objektivs darf die Einbettungsflüssigkeit des Objekts, der Objektträger und das brechende Medium zwischen letzterem und dem Beleuchtungsapparat keinen geringeren Brechungsindex aufweisen; endlich ist für den Kondensor eine ebenso hohe Apertur erforderlich, als für das Objektiv. Die Verwendbarkeit der Objektive mit so hoher Apertur ist demnach eine sehr beschränkte.

Einer weiteren Steigerung der Apertur steht als hauptsächlichstes Hindernis der Mangel einer geeigneten Immersionsflüssigkeit entgegen. Die Flüssigkeit müsste wenigstens einen Index von 1,8 bis 1,9 haben, damit der Fortschritt gegenüber den jetzigen Systemen ein nennenswerther sei. Leider sind Phosphorlösungen, die sich durch einen ungewöhnlich hohen Brechungsindex auszeichnen (2.10 und darüber) wegen ihrer Feuergefährlichkeit nicht zu verwenden.

Von der Grösse der num. Apertur des Objektivs hängt das Abbildungsvermögen (Auflösungs- und Unterscheidungsvermögen) desselben ab. Die Fähigkeit des Systems, eine objektähnliche Abbildung kleinster, regelmässig oder unregelmässig angeordneter Struktureinzelheiten hervorzubringen, steht in geradem Verhältnis zu der num. Apertur desselben. Je grösser die letztere ist, um so feinere Struktureinzelheiten werden noch abgebildet. Zur Lösung der feinsten Zeichnungen auf den Kieselschalen der Diatomeen sind daher Objektive mit sehr hoher Apertur erforderlich. Für gröbere, histiologische Präparate ist dagegen hohe Apertur meist nur schädlich, da unter derselben das Begrenzungsvermögen und die Tiefenzeichnung leidet.

Zur Messung der num. Apertur dient der von Abbe ersonnene, von Zeiss ausgeführte Apertometer.

Von grosser Wichtigkeit besonders für die Aufnahme histiologischer Präparate ist die Tiefenzeichnung der Objektive, auch Durchdringungsvermögen oder Penetration genannt. Man versteht darunter die Fähigkeit des Objektivs, mehrere in verschiedenen Tiefen gelegene Bildebenen gleichzeitig scharf wiederzugeben. Bei der mikroskopischen

---

[1]) Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie Bd. VI, 1889, S. 417.

Beobachtung wirkt die Akkommodationsfähigkeit des Auges und die Unempfindlichkeit desselben gegen kleine Fehler in der Strahlenvereinigung ausgleichend; in der Photographie fallen diese Faktoren fort und es kommt nur die thatsächlich vorhandene Fokustiefe des Systems zur Geltung. Je kürzer die Brennweite und je grösser die num. Apertur des Objektivs, um so geringer ist die Tiefenzeichnung. Letztere beträgt beispielsweise für ein System mit 0,35 num. Apertur = 0,03 mm., für ein solches mit 1,0 nur 0,002 mm.

Der Mikroskopiker pflegt, abgesehen von der Akkommodationsfähigkeit seines Auges, die mangelnde Tiefenzeichnung dadurch aufzuheben, dass er, während das Auge in den Tubus blickt, durch Drehen der Mikrometerschraube die Einstellung fortwährend verändert; natürlich kann hiervon beim Photographiren nicht die Rede sein.

Mangelnde Tiefenzeichnung der Objektive war eine der Hauptveranlassungen, weshalb sich die Mikrophotographie in den Laboratorien der Histiologen durchaus nicht einbürgern wollte. Das Ungeschick derer, die immer wieder versuchten, Präparate aufzunehmen, in denen die wesentlichsten Dinge verschiedenen Ebenen angehören, trug dazu bei, die Mikrophotographie gehörig in Misskredit zu bringen.

Von grösster Wichtigkeit für die Mikrophotographie ist endlich das Begrenzungsvermögen, die Definition[1], des Objektivs, d. h. die durch genaue Centrirung der Linsen und durch möglichste Beseitigung der sphärischen und chromatischen Abweichung herbeigeführte Fähigkeit, ein farbenreines und scharfes Bild zu liefern. Die sphärische Abweichung hat bekanntlich ihren Grund darin, dass von einem Punkte ausgehende Strahlen, welche die Kugeloberfläche einer Linse unter verschiedenem Einfallswinkel treffen, sich nicht in einem Punkte schneiden. Hierdurch entstehen viele dicht hinter einander liegende Bilder, welche dem Auge als ein einziges Bild mit verschwommenen Umrissen erscheinen. Die chromatische Abweichung ist dagegen bedingt durch den Umstand, dass der Brechungsindex für Strahlen von verschiedener Farbe ein verschiedener ist. Beseitigt wird diese Farbenzerstreuung durch Verwendung verschiedener Glassorten von verschiedenem Farbenzerstreuungsvermögen für die Linsen des Systems. Während man auf diese Weise zwei Strahlengattungen, z. B. die rothen und blauen, auf genau gleiche Brennweite bringen kann, so gelingt dies nicht ohne Weiteres mit den dazwischen liegenden Spektralfarben, welche sich

[1]) Die Bezeichnungen Definition und Penetration werden von den verschiedenen Autoren in sehr verschiedenem Sinne angewendet. Man kann diese Fremdwörter, welche nur Verwirrung anrichten, ohne Schaden entbehren.

als farbige, die Bildschärfe beeinträchtigende Zerstreuungskreise (sekundäre Farbenabweichung) von nicht unbedeutender Ausdehnung und Lichtstärke im mikroskopischen Bilde bemerkbar machen. Ferner bereitet der Umstand, dass Strahlenkegel, welche unter verschiedener Neigung in das Objektiv treten, eine gleichartige Farbenvereinigung nicht erfahren, den Optikern arge Schwierigkeiten. Diese als chromatische Differenz der sphärischen Abweichung bezeichnete Erscheinung giebt sich zu erkennen durch eine mehr oder minder starke Ungleichheit der chromatischen Korrektion zwischen den mittleren Zonen und der Randzone des Objektivs, d. h. also durch ein ungleiches Hervortreten von Farben bei centraler und bei schiefer Beleuchtung.

Um vollkommene Achromasie herbeizuführen, baute Barlow in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts ein Objektiv aus einer biconvexen Kronglaslinse und einer biconcaven, mit Schwefelkohlenstoff befüllten Linse, ohne jedoch das gewünschte Ziel zu erreichen. Einen durchschlagenden Erfolg errang erst 50 Jahre später Prof. Abbe [1], indem er zwischen zwei Linsen aus Kron- und Flintglas eine Flüssigkeit von sehr hoher Farbenzerstreuung aber verhältnismässig niedrigem Brechungsindex einschaltete. Ein derartiges Versuchsobjektiv, welches ein völlig farbenfreies Bild ergab, hat Zeiss nach den Berechnungen Abbe's schon im Jahre 1873 fertiggestellt.

Um diesen Systemen grössere Haltbarkeit zu geben, ersetzte Prof. Zenger [2] die Flüssigkeit durch eine gallertige Substanz, welche in geeigneter Weise mit Kronglaslinsen in Verbindung gebracht wurde. Jedoch auch diese Objektive konnten sich nicht einbürgern; ihre Leistungsfähigkeit wurde verschieden beurtheilt.

Eine endgiltige Lösung der schwebenden Frage gelang erst den vereinigten Bemühungen von Abbe, Schott und Zeiss [3]. Es ist klar, dass Linsen aus Flüssigkeiten und gallertigen Substanzen für den Mikroskopiker praktische Bedeutung nicht haben. Neue Glassorten mussten hergestellt werden, die in Bezug auf Brechung und Farbenzerstreuung von den bisher benutzten Sorten wesentlich abwichen. Nachdem durch Abbe hierfür die leitenden Grundsätze aufgestellt waren, begab sich Schott an die Arbeit und hatte bald positive Erfolge zu verzeichnen. Die preussische Regierung unterstützte das kostspielige Unternehmen

---

[1]) Journ. R. Microsc. Soc. 1879 S. 812. — Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie Bd. I, 1884, S. 487.

[2]) Zenger, Dioptrische Studien. Prag 1882. — Central-Zeitung für Optik und Mechanik Bd. IV, 1883, S. 254.

[3]) Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie Bd. III, 1886, S. 224 u. 303.

durch eine Beihilfe von 60,000 Mark. Nachdem eine Reihe neuer Glassorten, insbesondere Silicium-, Borat- und Phosphatgläser gewonnen waren, ging Zeiss an das Schleifen der Linsen. Doch liessen sich mit den neuen Gläsern allein die Fehler der alten Objektive nicht beseitigen; man musste zu einem festen, durchsichtigen Medium greifen, dessen Brechung und Farbenzerstreuung eine ganz eigenartige ist, nämlich zum Flussspat (Flurkalcium). Dasselbe verbindet mit einem ungemein niederen absoluten Brechungsexponenten ein sehr geringes, relatives Zerstreuungsverhältnis und giebt in Kombination mit Flintglas von gewöhnlichem Typus sekundäre Abweichungen der Farbenvereinigung, die ein entgegengesetztes Vorzeichen den gewöhnlichen Spektren sekundärer Natur gegenüber haben. Eine Linsen-Verbindung von Flussspat und Flintglas ist daher im Stande, die sekundäre Farbenabweichung einer gewöhnlichen achromatischen Linsenkombination zu korrigiren. Mit dieser Erkenntnis war für den Optiker der Stein der Weisen gefunden.

Während mit den früheren Flint- und Kronglasarten nur zwei verschiedene Farben zu demselben Fokus vereinigt werden konnten und ein sekundäres Spektrum unkorrigirt blieb, vereinigen die neuen Objektive drei Strahlen verschiedener Farben und lassen daher nur ein sehr kleines, wegen seiner geringen Lichtstärke unschädliches tertiäres Spektrum übrig. Ferner hatte sich bisher die sphärische Korrektion auf Strahlen einer Farbe beschränken müssen. Nunmehr wurde dieselbe für zwei verschiedene Spektralfarben möglich, und das Objektiv zeigt denselben Grad der chromatischen Korrektion für den centralen, wie für den Randtheil.

Durch diese Verhältnisse ist eine vollkommenere Koncentration der vom Objekt ausgehenden Lichtstrahlen gegeben, welche für die praktische Verwendung folgende Vortheile hat: Während bei den alten Objektiven von einigermassen grosser Oeffnung die unvermeidlichen Mängel der Strahlenvereinigung ein genaues Zusammenwirken der Randzone mit den mittleren Theilen der Oeffnung in erheblichem Masse beeinträchtigen und daher niemals diejenige Höhe des Abbildungsvermögens wirklich zu Stande kommen lassen, welche der vorhandenen numerischen Apertur entspricht, kommt bei den neuen Systemen die Oeffnung in ihrem vollen Betrage zur Geltung. Praktisch verhalten sich demnach letztere so wie entsprechende Objektive alter Konstruktion mit wesentlich grösserer num. Apertur. Ferner vertragen die neuen Objektive eine stärkere Okularvergrösserung, ohne dass dadurch Unschärfe und der mit ihr stets verbundene Eindruck von Lichtmangel hervortritt.

Der für den Mikrophotographen wichtigste Vortheil ist jedoch das Zusammenfallen des optischen und chemischen Brennpunktes, also das Fehlen der Fokusdifferenz.

Zeiss nannte seine neuen Objektive wegen der Farbenfreiheit des Bildes Apochromate. Nachdem dieselben weiteren Kreisen zugänglich gemacht waren, begannen andere optische Werkstätten unverzüglich mit der Nachbildung. Alle derartigen Versuche scheiterten jedoch anfänglich an dem Umstande, dass man von der Verwendnng des Flussspaths zu diesen Objektiven nichts wusste. Erst als auch hierüber Genaueres in die Oeffentlichkeit drang, gelang es einigen geschickten Optikern, wie Hartnack in Potsdam, Systeme herzustellen, welche mit vollem Rechte den Namen Apochromate verdienen.

Gegenwärtig wird manches Objektiv als Apochromat von seinem Verfertiger angepriesen, welches keinen einzigen der Vorzüge besitzt, die den wirklichen Apochromaten eigenthümlich sind. Mit um so grösserer Dreistigkeit wird dann behauptet, dass derartige Systeme die Fabrikate von Zeiss sogar wesentlich übertreffen.

Wir dürfen nicht verhehlen, dass den Apochromaten in besonders hohem Grade ein Fehler anhaftet, dessen Beseitigung bislang unüberwindliche Schwierigkeiten bereitete: die starke Krümmung des Gesichtsfeldes, welche immer nur einen sehr kleinen Abschnitt vollkommen scharf erscheinen lässt. Zwar kann man diesen Fehler durch Einengung der Oeffnung des beleuchtenden Lichtkegels nicht unerheblich einschränken; doch geht hierbei ein bedeutender durch die Apochromate gebotener Vortheil, die grosse numerische Apertur, verloren.

---

2. Die Projektion des Bildes.

Betrachten wir nunmehr die Methoden, deren man sich zum Entwerfen des durch das Objektiv erzeugten Bildes auf die lichtemfindliche Platte bedient.

Zuerst benutzte man, wie dies schon Davy im Anfang dieses Jahrhunderts gethan hatte, lediglich das Objektiv zur Projektion. Hierbei muss man nach Herausnahme des Okulars den Tubus durch Drehen der Mikrometerschraube dem Objekte um so mehr nähern, je weiter die lichtempfindliche Platte vom Objekttisch entfernt ist. Die

an den Tubuswänden entstehenden Lichtreflexe werden am Besten dadurch ausgeschlossen, dass man den oberen, bei den meisten Mikroskopstativen abnehmbaren Theil des Tubus losschraubt und in den übrig bleibenden Rest des Rohrs eine Blende einsetzt. Die ungewöhnlich weiten Rohre, wie sie Fritsch und Zeiss anwenden, beugen den Entstehen von Reflexen am Sichersten vor.

Für grosse Bilder ist bei diesem Verfahren eine ungewöhnlich lange Kamera nöthig, oder eine nachträgliche Vergrösserung der mit kurzer Kamera aufgenommenen Negative. Dies veranlasste die Mikrophotographen, sich die Okularvergrösserung zu Nutze zu machen. Schon der auf Seite 2 (Figur 1) beschriebene, aufrecht stehende Apparat von Mayer ist für Aufnahmen mit Objektiv und Okular bestimmt. Pohl und Weselsky[1] verlangen ausdrücklich für ihren Apparat (Figur 2) die Verwendung von Objektiv und Okular, und zwar das aplanatische Okular von Plössl in Wien.

Hat man bei der Okularbeobachtung scharf eingestellt und will nun das Bild auf der Visirscheibe entwerfen, so ist der Tubus durch Drehen der Mikrometerschraube ein Wenig zu heben. Je kürzer die Balgenlänge, um so mehr muss das Objektiv vom Objekte entfernt werden.

In der Folgezeit gingen die Meinungen über den Werth oder Unwerth der Okulare für die Mikrophotographie sehr auseinander. Während das Okular von einzelnen Seiten gänzlich verworfen wurde, glaubten andere Mikrophotographen dasselbe nicht entbehren zu können. Man beschuldigte das Okular, der Lichtstärke des Bildes Abbruch zu thun und die Belichtungszeiten wesentlich zu verlängern. Dieser Vorwurf ist nicht stichhaltig; denn die durch die Okulargläser absorbirte und von den Oberflächen derselben reflektirte Lichtmenge ist verschwindend geringfügig gegen die Menge des hindurchtretenden Lichtes. Die scheinbar grössere Lichtschwäche des Bildes ist Folge der stärkeren Vergrösserung. Ersetzt man die Okularvergrösserung durch eine lange Kamera, so erscheint das Bild ebenso lichtschwach.

Bei Objektiven gewöhnlicher Konstruktion erhält man weder mit noch ohne Okular befriedigende Resultate. Dies hat in Folgendem seinen Grund: Der Optiker berechnet seine Objektive für eine bestimmte Tubuslänge[2], auf dem europäischen Festlande in der Regel

---

[1]) Sitzungsberichte d. math.-naturw. Klasse der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. XXIII, 1857, S. 317.

[2]) Die Tubuslänge wird gerechnet von der Anschlagstelle des Objektivs bis zum oberen Rande des Tubus.

für eine solche von 160 mm (Zeiss) oder von 180 mm (Hartnack), in England dagegen, wo man auf stattliches Aeussere des Instruments Werth legt, für eine solche von 250 mm. Nur für diese Bildabstände sind die Linsen sphärisch und chromatisch korrigirt. Entwirft man das Bild auf eine Platte, welche sich in grösserem Abstande vom Objekt befindet, so lässt die Zeichnung in Bezug auf Schärfe und Farbenreinheit in jeder Weise zu wünschen übrig. Die Schärfe wird einerseits beeinträchtigt durch die nunmehr mangelnde Korrektion der sphärischen Abweichung, andererseits durch den Umstand, dass bei dem grösseren Bildabstande sich die verschiedenen Farben nicht genau decken; denn das durch die rothen Strahlen erzeugte Bild hat eine andere Grösse als das durch die blauen erzeugte. Eine Folge hiervon sind breite Farbensäume, die das Zustandekommen scharfer Umrisse im Negativ verhindern. Diese Fehler fallen bei Objektiven von hoher num. Apertur am meisten auf; sie können durch Korrektionsfassung wohl vermindert, aber nicht ganz beseitigt werden. Die von Reichardt und Stürenburg[1] empfohlene Anbringung von Blenden dicht über der Objektiv verringert zwar die sphärische Abweichung; doch wird hierdurch die num. Apertur der Objektive eingeschränkt.

Bei dem von van Heurck geübten Verfahren, die lichtempfindliche Platte dort anzubringen, wo sich bei der Okularbeobachtung das Okular befindet, werden die gerügten Fehler vermieden, doch erhält man hierbei so kleine Bilder, dass eine nachträgliche Vergrösserung der Negative sich als nothwendig erweist.

Das durch Objektiv und Okular auf der Visirscheibe erzeugte Bild lässt gleichfalls viel zu wünschen übrig: Nicht nur die Begrenzung des Gesichtsfeldes, sondern auch alle Einzelheiten des Bildes zeigen breite Farbensäume und die Zeichnung ist eine unscharfe. Das Okular in seiner gewöhnlichen Form liefert eben nur in Verbindung mit den brechenden Medien des Auges auf der Netzhaut ein scharfes, farbenfreies Bild.

Die Bestrebungen der Optiker richteten sich frühzeitig darauf, die soeben angedeuteten Mängel zu beseitigen. Man konstruirte deshalb Objektive, welche speciell für photographische Aufnahmen berechnet waren. Hierbei musste noch ein anderer Punkt berücksichtigt werden, den wir im Vorhergehenden schon flüchtig andeuteten, der jedoch erst an späterer Stelle eingehend erörtert werden soll, nämlich die Fokusdifferenz, die Differenz des chemischen und optischen Brennpunkts. Dem Optiker erwuchs also die Aufgabe, Objektive herzustellen, bei

[1]) A. a. O. S. 10.

denen einerseits der optische und chemische Brennpunkt zusammenfällt, andererseits die sphärische und chromatische Abweichung bei einem grösseren Bildabstande, als sonst üblich, am besten korrigirt ist.

Streng genommen können derartige Systeme nur für eine bestimmte Kameralänge, also auch nur für eine bestimmte Vergrösserung tadellose Bilder liefern.

Wales in Amerika und Gundlach in Berlin scheinen die Ersten gewesen zu sein, welche sich mit der Herstellung photographischer Objektive abgaben. Gundlach nannte diese Systeme seltsamer Weise achromatische, als ob die anderen nicht auch achromatisch wären. Allerdings wohnt ihnen ein höherer Grad der Achromasie inne. Gundlach fertigte Objektive von 1″, 1/2″, 1/3″, 1/4″ und 1/8″ Brennweite, auf neunzöllige Entfernung des Bildes vom Objekte berechnet. Man erhält mit denselben ohne Okular also nur kleine Bilder, welche in den weitaus meisten Fällen nachträgliche Vergrösserung erfordern. Nach Fritsch[1] sind diese Objektive nicht ganz frei von Fokusdifferenz; doch kann man dieselben ohne wesentlichen Nachtheil auch für grössere Bildabstände verwenden. Die in der Folgezeit von Seibert und Krafft gefertigten photographischen Objektive wurden dadurch berühmt, dass Robert Koch[2] mit denselben seine vortrefflichen Bakterienphotogramme herstellte. Nach Koch sind diese Systeme frei von Fokus-Differenz und geben, ohne Okular angewendet, auf weiten Bildabstand scharfe Bilder. Allgemeinere Verbreitung konnten sie jedoch niemals finden, theils weil es nicht Jedermanns Sache ist, sich für mikrophotographische Zwecke einen besonderen Satz theurer Systeme anzuschaffen, theils weil man lernte, die den gewöhnlichen Objektiven anhaftenden Fehler durch einfache Massnahmen unschädlich zu machen.

Die im Vorigen genauer beschriebenen Apochromate sind sehr vollkommene photographische Objektive, da in ihnen sowohl die Fokus-Differenz als auch die sphärische Abweichung in ausgezeichneter Weise verbessert ist; allerdings dürfen sie ohne Okular nur für einen ganz bestimmten Bildabstand (160 resp. 250 mm) verwendet werden; bei grösseren Abständen bedient man sich besonderer, im Folgenden näher zu beschreibender Okulare.

Um die gewöhnlichen Objektive auch für grossen Bildabstand brauchbar zu machen, griff der Amerikaner Woodward auf ein schon vor vielen Jahren geübtes Verfahren zurück. Als nämlich das Sonnenmikroskop in Blüthe stand, benutzte man, um die Vergrösserung des

[1]) ‚Licht', Zeitschrift für Photographie 1869.

[2]) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. II S. 399. Breslau 1877.

Objektivsystems zu steigern und das Bild möglichst eben zu machen an Stelle des Okulars eine Konkav-Linse. Woodward erkannte, dass eine derartige Linse nicht nur für die Vergrösserung, sondern auch für die Korrektion der durch zu grossen Bildabstand erzeugten Fehler in der Mikrophotographie von hohem Nutzen sei. Er liess sich im Jahre 1870 von Tolles in Boston eine achromatische Konkavlinse (von ihm Amplifier genannt), schleifen, welche bei einem Durchmesser von 0,7″ und einer Brennweite von 6,5″ an Stelle des Okulars in den Tubus eingesetzt ein reelles Bild des Objekts entwarf.

Bei Verwendung des Amplifiers verfährt man folgendermassen: Nachdem ein beliebiges Objekt mit irgend einem schwachen Objektiv genau eingestellt ist, wird das Okular entfernt und an dessen Stelle die Konkavlinse gebracht, die in einer mit Millimetertheilung versehenen Hülse gefasst sich im Tubus verschieben lässt. Das Mikroskop wird nun ohne Aenderung der genauen Einstellung mit der photographischen Kamera in Verbindung gebracht und die Konkavlinse so lange vor- oder zurückgeschoben, bis auf der Visirscheibe das Objekt in grösster Schärfe erscheint. Die so ermittelte Stellung der Schiebhülse im Tubus ist an der Skala abzulesen und zu notiren. Diese Stellung der Hülse ist für jedes andere Objektiv bei dem gewählten Bildabstande die gleiche. Für geringere oder grössere Bildabstände muss die Stellung der Konkavlinse durch neue Versuche ermittelt werden.

Befindet sich der Amplifier in der richtigen Lage im Tubus, so tritt damit derselbe Korrektionszustand ein, der für die Okularbeobachtung bei der normalen Tubuslänge besteht. Ausserdem bringt die Konkavlinse das Bild auf eine 2 bis 3 mal stärkere Vergrösserung, als das Objektiv allein bei dem gleichen Plattenabstande geben würde.

Der Amplifier, dessen Anwendung, wofern nämlich die beste Korrektion des Objektivs gesichert werden soll, nicht ganz einfach und schon deshalb unbequem ist, weil derselbe tief in den Mikroskoptubus eingeführt werden muss, wurde in neuster Zeit durch eine sehr zweckmässige von Abbe-Zeiss angegebene Linsenkonstruktion, das sogenannte Projektions-Okular, verdrängt. Das Wesentliche dieser Methode besteht darin, dass man das vom Objektiv erzeugte Bild genau in demselben Abstand entstehen lässt, in welchem es bei der gewöhnlichen Okularbeobachtung zu Stande kommt, dieses Luftbild aber mittelst eines besonderen Linsensystems, welches für derartige photographische Abbildungen speciell korrigirt ist, vergrössert auf die empfindliche Platte projicirt. Diesem Linsensystem ist äusserlich die Form eines Okulars gegeben, um es ganz wie ein solches durch Einschieben in

den Tubus mit dem Objektiv verbinden zu können. Nach der Lage des Augenpunkts, d. h. des Kreuzungspunkts der hindurchtretenden Strahlen, und nach der Art der Korrektionen ist es jedoch von eigentlichen Okularen durchaus verschieden. Es ist in Wirklichkeit ein mit einer Kollektivlinse verbundenes Objektiv von 60 mm bezüglich 30 mm Brennweite, welches nach Art der Photographenobjekte von grösseren Dimensionen sphärisch und chromatisch korrigirt und daher namentlich frei von sekundärer Farbenabweichung und von Fokusdifferenz ist; dasselbe hebt in dem projicirten Bilde, wie die Kompensations-Okulare[1] bei der Okularbeobachtung, die Vergrösserungsdifferenz der verschiedenen Farben auf, welche die stärkeren Mikroskop-Objektive in dem direkten Bilde unkorrigirt bestehen lassen. Zwischen dem Kollektiv und dem genannten Linsensystem ist zur Begrenzung des Bildfeldes ein Diaphragma eingeschaltet, welchem das in einer Schiebhülse gefasste Linsensystem mehr oder weniger genähert werden kann.

Den Okulardeckel des Projektionsokulars bildet ein Diaphragma, durch welches Reflexe im Tubus vollständig abgeblendet werden. Die Oeffnung dieses Diaphragmas ist der grössten Linsenöffnung der Apochromate entsprechend gewählt. Beim Gebrauch der apochromatischen Objektive von 0,6 und 0,3 num. Apertur kann es sich aber gelegentlich empfehlen, die wirksame Oeffnung des Objektivs zu beschränken, um gleichmässigere Bildschärfe bis zum Rande des Bildfeldes zu erzielen. Für diesen Zweck werden jedem Projektionsokular zwei Diaphragmen mit abgestuften kleineren Oeffnungen beigegeben, welche sich an Stelle des normalen Diaphragmas aufstecken lassen. Man hat hierbei darauf zu achten, dass diese engeren Diaphragmen nicht irrthümlich auch dann am Okular bleiben, wenn die volle Oeffnung der Objektive wirksam sein soll. Die Brennweite der Projektions-Okulare ist so gewählt, dass sie mit dem kontinentalen Tubus von 160 mm Rohrlänge die Vergrösserungswirkung auf das Zweifache (Okular Nr. II), bezüglich das Vierfache (Nr. IV) von der direkten Vergrösserung des Objektivs bei gleichem Plattenabstand steigern, mit dem englischen Tubus von 250 mm Rohrlänge aber auf das Dreifache (Nr. III), bezüglich Sechsfache (Nr. VI). Sie gestatten also auch bei Objektiven von relativ langer Brennweite stark vergrösserte Bilder, ohne dass man auf allzu grosse Plattenabstände geführt würde. Der Bildabstand

[1]) Das Eigenthümliche der sogen. Kompensations-Okulare besteht in der Verbindung einer als Kollektivglas dienenden Flintlinse mit einem Flint-Kronglas-Achromaten (Augenglas). Die gewöhnlichen Okulare sind dagegen aus zwei Kronglas-Linsen gefertigt.

kann bei Okular Nr. II und III bis auf 400 mm, bei Nr. IV und VI bis auf 250 mm, vom Okular ab gerechnet, vermindert, übrigens aber beliebig gross genommen werden. Obgleich ursprünglich für die Achromate berechnet, lassen sie sich mit Vortheil auch für gewöhnliche Objektive von hoher num. Apertur verwenden.

Um das Bild mit Hilfe des Projektions-Okulars auf der Visirscheibe zu entwerfen, verfährt man folgendermassen: Nach vorläufig bewirkter Einstellung des Präparats mittelst eines gewöhnlichen Okulars, wird an des Stelle des letzteren, ohne an der Tubuslänge etwas zu ändern, das Projektions-Okular eingeführt und die vordere Linse desselben durch Heraus- oder Hereindrehen so lange verschoben, bis die im Okular befindliche Blende sich auf der Visirscheibe als Begrenzung des Gesichtsfeldes scharf abbildet. Zu diesem Zwecke muss die Projektionslinse um so mehr herausgedreht werden, je geringer der Abstand der Scheibe vom Mikroskop ist. Die Ermittlung der besten Okularlänge ist meist eine ziemlich mühselige Arbeit, doch erweist es sich zur Erzielung guter Bilder als nothwendig, hierbei recht genau zu verfahren. Die einmal ermittelte Stellung der vorderen Okular-Linse ist für dieselbe Kameralänge stets die gleiche. Um das Auffinden und Festhalten eines bestimmten Abstandes der Okular-Linsen zu erleichtern, brachte Zeiss an dem oberen Ende des Okulars eine Kreistheilung an.

Erst nachdem in angegebener Weise eine scharfe Begrenzung des Gesichtsfeldes erreicht ist, stellt man mit Hilfe der Mikrometerschraube das Bild auf der Visirscheibe scharf ein.

Vor zwei Jahren wurde Verfasser [1] durch theoretische Erwägungen darauf gelenkt, zu untersuchen, unter welchen Verhältnissen das gewöhnliche Okular zur Projektion des Bildes verwendbar wird. Versucht man mit einem Okular auf der Visirscheibe scharf einzustellen, so zeigen, wie schon erwähnt, sowohl die Einzelheiten des Objekts, besonders nach dem Rande hin, als auch die Begrenzung des Gesichtsfeldes Farbensäume. Ganz anders gestaltet sich die Sache, wenn man wie beim Projektions-Okular die beiden Linsen etwas von einander entfernt: Die Farbensäume schwinden und Objekt wie Begrenzung des Gesichtsfeldes erscheinen in voller Klarheit. Entfernt man die Linsen zu weit, so wird das Bild schlechter und die Farbensäume treten wieder auf. Bei zu kurzem Okular (so wie dasselbe für die gewöhnliche mikroskopische Beobachtung dient) hat die Begrenzung des Gesichtsfeldes auf der Einstellscheibe einen blauen, bei zu langem einen rothen

[1]) Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie Bd. V, 1888, S. 328.

Saum. Massgebend für die richtige Länge ist die Farbenfreiheit dieser Begrenzung, und nicht, wie bei den Zeiss'schen Projektionsokularen, die Schärfe derselben.

Zur Erzielung schleierfreier Bilder wird es fernerhin nöthig, eine kleine 5 mm im Durchmesser messende Blende unmittelbar über der vorderen Okularlinse anzubringen.

Beide Aenderungen lassen sich ohne Weiteres an jedem Okular ausführen; eine $2^1/_2$ cm lange Papphülse, die über die Messinghülse des Okulars geschoben wird und die an ihrem oberen Ende die dem Auge zugekehrte Linse trägt, genügt vollkommen. Die in dem Okular vorhandene Blende verbleibt an ihrem alten Fleck. Die über das Okular zu stülpende neue Blende wird zweckmässiger Weise ebenfalls mittelst einer kurzen, abnehmbaren Hülse befestigt. Ueberlässt man die Aenderung einem Mechaniker, so empfiehlt es sich, die Anordnung derart zu treffen, dass die das Augenglas tragende Hülse im Innern der Okularhülse sitzt, damit das Okular wie bei gewöhnlicher Beobachtung an unveränderter Stelle im Tubus verbleiben kann. Auf jeden Fall benutze man für derartige Versuche nur ganz schwache Okulare. Im Grossen und Ganzen schwankt die nothwendige Verlängerung zwischen 1 und 2 cm. Für jeden Bildabstand ist die erforderliche Länge des Okulars durch einen besonderen Versuch festzustellen.

Die auf diese Weise gewonnenen Projektionsokulare geben auch mit gewöhnlichen Objektiven von geringer num. Apertur vortrefflich scharf gezeichnete Negative (vergl. Taf. III).

Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass Harting [1] schon vor einem Vierteljahrhundert zur Projektion des Bildes bei seinen mikrophotographischen Arbeiten sich eines Amici'schen Okulars bediente, bei dem sich der Abstand der beiden Linsen nach Belieben vergrössern oder verringern liess. Harting giebt an, er habe die beiden Okularlinsen so weit von einander entfernt, bis die Theilstriche eines als Objekt dienenden Mikrometers bis zum Rande hin gerade verliefen. Er führt also durch die Verlängerung des Okulars eine Korrektion der Distortion, d. h. der Krümmung, welche gerade Linien ausserhalb der Achse durch die Abbildung erleiden, herbei. Eine solche Korrektion ist bei unseren heutigen, viel vollkommneren Objektiven nicht mehr nöthig. Die gegenwärtig durch Projektionsokulare angestrebte Korrektion der sphärischen und chromatischen Abweichung war bei den damaligen Objektiven auf diesem Wege nicht zu erreichen.

[1]) Harting, Das Mikroskop. Bd. II S. 287. Braunschweig 1886, Vieweg. & Sohn.

Die Projektion des Bildes auf die Visirscheibe wurde endlich auch versucht durch Zuhilfenahme einer photographischen Landschaftslinse, welche man in grosse Nähe des oben im Tubus befindlichen gewöhnlichen (nicht verlängerten) Okulars bringt [1]. Die ganze Anordnung gleicht dann in hohem Grade den Verhältnissen, wie wir sie beim Hineinschauen in das mit Objektiv und Okular versehene Mikroskop haben. Die dicht über dem Okular im Augenpunkte aufgestellte Landschaftslinse entspricht der Linse des Auges. Man erhält nach diesem Verfahren vortreffliche Resultate; es ist wunderbar, dass dasselbe nicht allgemeinere Verbreitung fand. Verfasser bediente sich dieser Anordnung bis zur Einführung der Projektionsokulare fast ausschliesslich. Benutzt wurden ein Okular Nr. II von Hartnack und ein Steinheil'scher Weitwinkel-Aplanat. Besondere Beachtung verdient bei Anwendung der Landschaftslinse der Umstand, dass das Bild auf der Platte erzeugt wird durch ein von Fokus-Differenz freies System.

Wer eine Landschaftslinse nicht besitzt, wird sich zum Zwecke der Mikrophotographie eine solche allerdings nicht anschaffen. Man machte dem soeben beschriebenen Verfahren den Vorwurf, dass in Folge von Reflexion an den zahlreichen Linsenoberflächen und von Absorption im Innern der Gläser zu viel Licht verloren geht. Das ist nicht zutreffend, denn die Lichtverluste sind klein im Vergleich zu der hindurchtretenden Lichtmenge.

---

3. Die Fokusdifferenz.

Wir kommen nunmehr zur Besprechung eines im Vorhergehenden schon wiederholt berührten Punktes, der Fokusdifferenz, d. h. der Differenz des chemischen und optischen Brennpunkts der Systeme. Wie im Obigen erörtert, gelang es früher nur, zwei verschiedene Farben des Spektrums — Roth und Blau — zu demselben Fokus zu vereinigen. Die dazwischen liegenden Farben Gelb und Grün, besonders aber das violette und ultraviolette Ende des Spektrums blieben unkorrigirt. Ueberdies konnte die Korrektion der sphärischen Abweichung nur für eine Farbe — in der Regel für die hellste — bewirkt werden,

[1]) Vogel, Lehrbuch der Photographie S. 452. Berlin 1878, Oppenheim.

während für die dem violetten Ende des Spektrums nahe liegenden chemischen Strahlen eine Ueberverbesserung fortbestand.

Wenn man mit einem System, welches Fokusdifferenz besitzt, auf der Visirscheibe für das Auge möglichst scharf einstellt und nunmehr eine photographische Aufnahme macht, erhält man niemals ein scharfes Negativ, denn die für das Auge am meisten wirksamen gelben Strahlen schneiden sich in einem anderen Punkte als die für die photographische Platte wirksamen blauen und violetten.

Während man in der Porträt- und Landschaftsphotographie die soeben angedeuteten Fehler bald vermeiden lernte, blieb in der Mikrophotographie die Fokusdifferenz bis auf den heutigen Tag ein Stein des Anstosses, der ungezählte Platten vernichtete und manchen Forscher zur Verzweiflung brachte. Wenn wir sagen: „bis auf den heutigen Tag", so ist das keineswegs übertrieben, denn täglich werden Systeme in den Handel gebracht, die angeblich frei von Fokusdifferenz sind, und bei denen der Mikrophotograph erst nach einer grösseren Reihe von Fehlaufnahmen merkt, dass der optische und chemische Brennpunkt trotz gegentheiliger Behauptung der Verfertiger nicht zusammenfallen.

Um die Fokusdifferenz zu beseitigen, schlug Bertsch [1], einer der Ersten, die überhaupt brauchbare Mikrophotogramme verfertigten, vor, die Objektive auf einem eigenen, durch feine Schrauben zu bewegenden Schlitten zu befestigen, wo sie nach der Einstellung für das Auge um gewisse, durch Vorversuche zu ermittelnde Entfernungen verschoben werden sollen. Shadbolt, Reeves, Traer und Harting benutzten zu dem gleichen Korrektionsverfahren die Mikrometerschraube des Mikroskops. Harting [2] beschreibt das Verfahren folgendermassen: Der Kopf der Mikrometerschraube muss eine Theilung haben, die entweder auf ihm selbst oder auf einer damit verbundenen kreisförmigen Platte angebracht sein kann; eine feststehende Spitze dient als Zeiger. Hat man einmal durch vorgängige Probe ermittelt, um wie viele Theile die Schraube vor- und zurückgedreht werden muss, um von dem scharfen optischen zu dem scharfen photographischen Bilde zu gelangen, so lässt man fernerhin bei dem nämlichen Objektiv und Okular die nämliche Verbesserung eintreten. Ist die Mikrometerschraube sorgfältig gearbeitet und jeder todte Gang derselben vermieden, so giebt die Methode vortreffliche Resultate. Bei schwachen Objektiven lässt sie sich natürlich viel leichter anwenden als bei starken.

---

[1]) Moitesiser, La photographie appliquée aux recherches micrographiques p. 179.

[2]) Harting, Das Mikroskop. Bd. II. S. 288.

Ein anderes Verfahren, die Fokusdifferenz zu beseitigen, ist folgendes: Das Objektiv bleibt nach genauster Einstellung für das Auge in seiner Lage, dagegen wird die Stellung der Visirscheibe für die photographische Aufnahme verändert. Um hierbei die richtige Balgenlänge zu ermitteln, muss man systematisch zu Werke gehen. Die erste Aufnahme geschieht bei der für das Auge scharfen Einstellung; ohne an der Stellung der Mikrometerschraube das Geringste zu ändern fertigt man nun noch mehrere Aufnahmen, theils mit längerer, theils mit kürzerer Kamera, und zwar wird jedes Mal bei Veränderung der Balgenlänge um 1 cm von Neuem exponirt. Selbstverständlich muss man sich genau notiren, welche Platte bei bestimmter Balgenlänge belichtet wurde. Besitzt die geprüfte Linse Fokusdifferenz, so kann die ursprüngliche Aufnahme, bei der das Auge das Bild scharf sah, nicht scharf geworden sein; vielmehr wird irgend eine andere der exponirten Platten ein gutes Bild liefern. Dann erübrigt nur, die Balgenlänge zu ermitteln, bei der diese Platte exponirt wurde, und man ist im Stande für alle künftigen Expositionen mit dieser Linse die aus der Fokusdifferenz sich ergebenden Fehler zu vermeiden. Wurde beispielsweise die erste Aufnahme mit der für das Auge scharfen Einstellung bei einer Balgenlänge von 50 cm gemacht, und erweist sich dasjenige Negativ als das schärfste, welches bei einer Länge von 55 cm exponirt ist, so hat man in Zukunft nach genauster Einstellung die Kamera um 5 cm zu verlängern. Das heisst mit anderen Worten: Wenn die optisch wirksamen Strahlen des geprüften Systems sich bei bestimmter Stellung der Mikrometerschraube 50 cm vom Objekt entfernt schneiden, so schneiden sich die chemisch wirksamen erst in einem um 5 cm grösseren Abstande.

Um bei dieser Methode schon durch eine einzige Aufnahme den Abstand des chemischen vom optischen Brennpunkt genau zu ermitteln, verfuhren Reichardt und Stürenburg[1] folgendermassen: Als Aufnahmeobjekt dient eine mit Mikrometermassstab versehene Platte, welche auf schiefer Unterlage derart geneigt auf dem Objekttisch liegt, dass die Richtung der Striche horizontal bleibt. Hierbei ist also die Entfernung der verschiedenen Striche von der Frontlinse des Objektivs eine verschiedene und es gelingt deshalb nicht, mehrere Striche gleichzeitig scharf zu sehen. Man stellt nun den in der Mitte des Gesichtsfeldes liegenden Strich auf der Visirscheibe ein und macht die

[1]) Reichardt u. Stürenburg, Lehrbuch der mikroskopischen Photographie S. 22.

Aufnahme. Erscheint im Negativ nicht dieser Strich sondern vielleicht der benachbarte zur Rechten scharf, so ist die Fokusdifferenz erwiesen. Um den in der Mitte des Gesichtsfeldes liegenden Strich im Negativ scharf zu erhalten, müsste man die Kamera um so viel verlängern oder verkürzen, bis der zur Linken benachbarte Theilstrich auf der Visirscheibe dem Auge scharf erscheint. Die aus diesem Versuche sich als nothwendig ergebende Verlängerung oder Verkürzung der Kamera ist mit dem Centimetermasse zu messen und bei allen Aufnahmen mit demselben Objektiv zu berücksichtigen.

Statt der von Reichardt und Stürenburg verwendeten mit Mikrometermassstab versehenen Platte wurde später eine mehrzeilge, mikroskopische Schrift benutzt, welche in 100facher Linearvergrösserung deutlich lesbar ist. Man stellt bei einem derartigen, auf dem Mikroskoptisch ebenfalls geneigt angebrachten Objekt beispielsweise auf Zeile 5 ein und macht die Aufnahme. Erscheint im Negativ nicht Zeile 5 sondern Zeile 3 scharf, so hat man in Zukunft, um Zeile 5 zu photographiren, die Balgenlänge so weit zu verändern, bis Zeile 7 auf der Visirscheibe sich scharf abbildet. Dasselbe Ziel wird erreicht, wenn man die Balgenlänge unverändert lässt und durch Drehen der Mikrometerschraube vom Bilde der Zeile 5 zu demjenigen der Zeile 7 gelangt. Die hierbei erforderliche Drehung ist von der Kreistheilung des Schraubenkopfes abzulesen. Bei jeder photographischen Aufnahme mit dem auf diesem Wege geprüften Objektivsystem dreht man, nachdem für das Auge scharf eingestellt ist, die Schraube so weit, als der obige Versuch als nothwendig ergab.

Da bei starken Objektiven minimale Abweichungen im Objektiv-Abstande Unschärfe des Bildes zur Folge haben, so lässt sich bei ihnen die Fokusdifferenz auf die zuletzt beschriebene Weise nur mit grossen Schwierigkeiten unschädlich machen. Dazu kommt, dass wegen der kurzen Brennweite ein schräg auf dem Mikroskoptisch angebrachtes Objekt in den seltensten Fällen Platz findet.

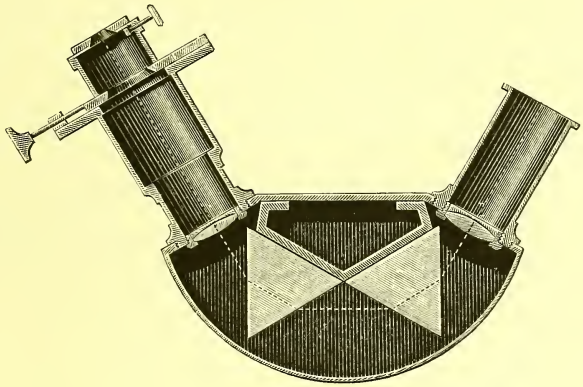
Wenham's Korrektionsmethode der Fokusdifferenz beruht auf der Einschaltung einer bestimmten, durch Vorversuche ermittelten achromatischen Bikonvexlinse zwischen Objektiv und empfindlicher Platte, nachdem die Einstellung ohne diese Linse vorgenommen ist. Da jedes Objektiv eine eigene Linse erfordert, so konnte sich dies Verfahren als zu umständlich und kostspielig nicht einbürgern.

Einen ganz eigenartigen Weg schlug Graf Castracane[1] ein,

[1]) Nuovi Lincei t. XVII, 6 mars 1864. — Bibliothèque universelle de Genève, mai 1865.

welcher, wie dies Brewster[1] schon viel früher für die Okularbeobachtung angerathen hatte, einfarbiges Licht zum Photographiren verwendete, das natürlich nur einen Fokus haben kann. Er zerlegte das weisse Licht durch ein Prisma von grossem Zerstreuungsvermögen in seine Grundfarben und liess durch ein passendes Diaphragma nur die blauen Strahlen auf das Objekt fallen. Es ist klar, dass hierbei auch schlecht gearbeitete Objektive, bei denen nicht einmal der Fokus von zwei Farben gut vereinigt ist, brauchbare Resultate liefern müssen, da die Farbenzerstreuung ganz ausser Spiel bleibt.

Das einfache Prisma Brewster's wurde später auf Prazmowski's Anregung von Hartnack durch zwei mit einer Sammellinse verbundene



27.

Prismen von besonders starker Dispersion ersetzt (Figur 27). Auf diese Weise gelingt es, bei etwas stärkeren Vergrösserungen das ganze Gesichtsfeld mit annähernd einfarbigem Licht zu beleuchten.

Durch Verschiebung eines Spaltes können die verschiedenen Farben des Spektrums nach einander in das Sehfeld gebracht werden. Obgleich die Vorrichtung sich leicht unter dem Objekttische eines jeden grösseren Stativs befestigen lässt, scheinen doch in der Mikrophotographie praktische Versuche mit derselben leider nicht angestellt zu sein.

Eine andere Methode, einfarbiges Licht zu erlangen, besteht in der Anwendung eines Filters von farbigen Gläsern oder Flüssigkeiten. Da die gewöhnliche photographische Platte für blaue Strahlen die

[1]) Brewster, Treatise on the Microscope. 1837.

grösste Empfindlichkeit besitzt, so griff man in erster Linie zu blauem Kobalt- oder Manganglas. Die Resultate befriedigten wenig, denn Gläser liefern kein einfarbiges Licht: neben den vorwiegend hindurchpassirenden blauen Strahlen kommt ein nicht geringer Procentsatz von grünen, gelben und rothen zur Wirksamkeit. Weit bessere Resultate geben gewisse in Glasbehältern mit planparallelen Wänden (Küvetten) eingeschlossene Flüssigkeiten.

Die Herstellung der Küvetten bereitet keine Schwierigkeiten. Man kittet mit einem guten Kitt [1] drei Glasstreifen oder einen U-förmigen Glasrahmen zwischen zwei möglichst plane, fehlerfreie Spiegelglasplatten. Verfasser bedient sich als Zwischenlage eines U-förmig gebogenen Gummischlauches; vier Holzklammern, wie sie der Photograph zum Aufhängen der gesilberten Papiere verwendet, drücken die Scheibe gegen den Schlauch. Man hat hierbei den grossen Vortheil, die Küvette auseinandernehmen und die Scheiben auch an ihrer Innenseite reinigen zu können, was bei dem vielfach vorkommenden Auskrystallisiren der gelösten Substanzen sich als nothwendig erweist. Klönne & Müller (Berlin NW., Luisen-Str. 49) führen Küvetten, bei denen die Scheiben mit Hilfe von weisser Emaille im Muffelofen auf die Zwischenlage aufgeschmolzen sind. Hierdurch wird vollständige Widerstandsfähigkeit gegen Alkohol, Aether, Säuren und Alkalien erreicht. Um den Durchmesser der Flüssigkeitsschicht nach Belieben abstufen zu können, fertigte man Küvetten, die sich wie eine Ziehharmonika ausziehen lassen. Praktischen Werth besitzen dieselben nicht, da man durch grössere oder geringere Koncentration der Lösung dasselbe erreicht. Es wäre wünschenswerth, die Behälter allgemein mit einem lichten Durchmesser von 1 cm herzustellen.

Erweist es sich als nothwendig, die Küvette nicht vertikal, sondern horizontal anzubringen, so muss man in eine der allseitig geschlossenen Schmalseiten ein kurzes rechtwinklig gebogenes, oben offenes Rohr einkitten, damit die Flüssigkeit auch bei vollständig gefülltem Behälter die Möglichkeit hat, sich bei stattfindender Erwärmung auszudehnen. Die in einigen Handlungen käuflichen Absorptionsflaschen sind nicht zu empfehlen, da wohl die äusseren Wände derselben parallel und völlig eben geschliffen sind, nicht jedoch die inneren.

Verschiedene Autoren verwendeten die absorbirenden Flüssigkeiten in kugelförmigen Behältern, in Schusterkugeln oder hohlen, plankon-

---

[1]) Z. B. bestehend aus 5 Theilen Kolophonium, 1 Theil gelbem Wachs und 1 Theil Caput mortuum; vor dem Gebrauche anzuwärmen.

vexen Linsen [1]. Bestimmte Vortheile werden hierdurch nicht geboten; da aber derartige Vorrichtungen stets sehr unvollkommene Linsen darstellen, so bleibt es auf jeden Fall besser, die gewünschte Lichtfarbe durch Flüssigkeitsschichten von bestimmter, gleichmässiger Dicke zu erzeugen und die zur Beleuchtung des Objekts nothwendige Beugung der Strahlen durch besondere Linsen hervorzurufen.

Eine der am längsten bekannten Absorptionsflüssigkeiten zur Erzeugung von blauem Licht ist die sogen. Barreswil'sche oder Fehling'sche Lösung [2]. Das sichtbare Spektrum derselben erstreckt sich vom Roth, wo es die grösste Helligkeit besitzt und man die Linie *C* noch deutlich sieht, bis zum Violett, wo die Linien *H* nur mit Mühe erkannt werden. Der chemische Theil des Spektrums beginnt für gewöhnliche Platten zwischen Grün und Gelb, reicht bis zur Linie *H*, erstreckt sich aber nicht in die ultraviolette Region. Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, dass verschiedene Plattensorten für dasselbe Licht sehr verschiedene Empfindlichkeit besitzen. Dies war den Forschern schon vor 30 Jahren bekannt, und es konnte denselben nicht entgehen, dass eben aus diesem Grunde bei Aufnahmen mit ein und demselben Objektiv die bei bestimmten Plattensorten sich bemerkbar machende Fokusdifferenz bei Verwendung anderer Platten verschwand [3].

Die jetzt allgemein gebräuchlichen Bromsilber-Gelatine-Trockenplatten, welche für blaues und violettes Licht hohe, für grünes und gelbes Licht geringe Empfindlichkeit besitzen, lassen sich durch Behandeln mit gewissen Anilinfarben, insbesondere durch Baden in Lösungen von Eosin und Erythrosin [4], derart umstimmen, dass sie nunmehr für Grün und Gelb höhere Empfindlichkeit zeigen, als für Blau und Violett. Die Auswahl der richtigen Plattensorte spielt also bei allen Versuchen mit Lichtfiltern eine wesentliche Rolle.

Das durch eine mit Fehling'scher Lösung gefüllte Küvette hindurchtretende Licht ist, wie wir aus dem Spektrum desselben ersehen, nichts weniger als monochromatisch. Zwar fehlen die bei Erzeugung der Fokusdifferenz stark betheiligten ultravioletten Strahlen, dagegen

---

[1]) Derby, American Monthly Microsc. Journ. vol. II. p. 24.

[2]) 34,6 g Kupfervitriol werden gelöst in 200 ccm Wasser; ferner 173 g weinsaures Natronkali (Seignettesalz) in 600 ccm einer Natronlauge von 1,12 spec. Gew. Nach dem vollständigen Auflösen mischt man beide Flüssigkeiten und füllt auf ein Liter auf. Die Mischung hält sich nur in voll gefüllten, gut verkorkten Flaschen.

[3]) Moitessier a. a. O. p. 178.

[4]) Näheres hierüber in Abschnitt VI.

sind die rothen und gelben, welche bei scharfem Einstellen auf der Visirscheibe für das Auge am meisten wirken, stark vertreten. Daher gelingt es nicht, mit Hilfe dieser Lösung die Fokusdifferenz ganz zu beseitigen. Durch die Möglichkeit, nur einen eng begrenzten Theil des Spektrums für die Beleuchtung des Objekts verwenden zu können, ist das Prisma — besonders in der durch Hartnack verbesserten Form — den meisten Absorptionsflüssigkeiten weit überlegen.

Neben der Fehling'schen Lösung wird das Kupferoxydammoniak-Filter von den Mikrophotographen schon lange Zeit benutzt. Man stellt dasselbe her durch Auflösen von schwefelsaurem Kupferoxyd (Kupfervitriol) in Salmiakgeist (Ammoniak). Die verschiedenen Koncentrationsgrade bedingen eine sehr verschiedene Durchlässigkeit für die einzelnen Abschnitte des Spektrums. In äusserst koncentrirtem Zustande, wie man dasselbe erhält durch Auflösen von 1 Theil fein gepulvertem Kupfervitriol in 4 Theilen Ammoniak von 0,96 spec. Gewicht, tritt nur blaues, violettes und ultraviolettes Licht hindurch; bei dünnerer Schicht oder Verdünnung mit Wasser kommt allmählig blaugrünes und grünes Licht hinzu, so dass schliesslich durch die noch recht dunkelblau aussehende Flüssigkeit Lichtstrahlen von Wellenlänge 515 ihren Weg finden. Das Einstellen ist dabei unter Anwendung einer sehr starken Lichtquelle, z. B. der Sonne, leicht, recht schwierig jedoch bei Lampenlicht, wegen der hochgradigen Verdunklung des Gesichtsfeldes.

Also auch das Kupferoxydammoniak-Filter vermag die Fokusdifferenz nicht völlig zu beseitigen; bei schwachen Lösungen gehen zu viel optisch wirksame Strahlen hindurch; bei starken schaden die ultravioletten Strahlen.

Hat man unter Anwendung eines mit Fokusdifferenz behafteten Systems mit weissem Licht auf der Visirscheibe scharf eingestellt und beleuchtet nun mit einfarbigem blauen Licht, so kann, wenn sonst an der Einstellung nichts geändert ist, das Bild dem Auge nicht mehr scharf erscheinen. Vielmehr wird eine gewisse Drehung der Mikrometerschraube oder eine passende Verschiebung der Visirscheibe nothwendig, um wieder scharfe Umrisse zu erhalten. Dies findet aber nur dann statt, wenn man mit blauem Licht von eng begrenzter Wellenlänge arbeitet. Treten, wie bei den soeben besprochenen Filtern, auch grüne, gelbe und rothe Strahlen hindurch, so hat die Zwischenschaltung der blauen Lösung für das Auge keine wesentliche Veränderung der Schärfe zur Folge.

Das Kupferoxydammoniak-Filter, welches in sehr koncentrirtem

Zustande nur wegen seiner Durchlässigkeit für ultraviolette Strahlen die Fokusdifferenz nicht völlig beseitigt, muss durchaus befriedigende Resultate ergeben, sobald es gelingt, das ultraviolette Licht auszuschliessen. Nun fand Dr. Miethe [1], dass eine ganz schwache Aesculin-Lösung (15 : 1000) alle ultravioletten Strahlen absorbirt; man hat demnach nur nöthig, ausser einer Küvette mit koncentrirtem Kupferoxydammoniak noch eine solche mit Aeskulin-Lösung zwischen Lichtquelle und Objekt einzuschalten, um ein Licht herzustellen, bei dem jede Fokusdifferenz ausgeschlossen ist. Auch Lösungen von schwefelsaurem Chinin absorbiren die ultravioletten Strahlen.

Sobald das Objekt nicht unbedingt blaues Licht erfordert, ist es zur Vermeidung der Fokusdifferenz das Einfachste, man photographirt mit dem optisch wirksamen Theil des Spektrums, also den grünen und gelben Strahlen. Bis vor Kurzem standen diesem Verfahren schwer zu überwindende Schwierigkeiten entgegen, da die gewöhnlichen Platten für diesen Abschnitt des Spektrums eine äusserst geringe Empfindlichkeit besitzen. Man hätte also die Belichtungszeit beinahe in's Unendliche verlängern müssen.

Seit Einführung der sogen. orthochromatischen Platten, besonders der Erythrosinplatten, sind diese Schwierigkeiten gehoben. Es erübrigte nur, ein Lichtfilter zu finden, welches ausschliesslich grüne und gelbe Strahlen von eng begrenzter Wellenlänge hindurchpassiren lässt. Die früher vielfach angewendete gesättigte, wässerige Lösung von Pikrin-Säure ist hierfür wenig geeignet, da, wenn auch eine hervorragende Durchlässigkeit für die gelben Strahlen besteht, doch blaue Strahlen in reichlicher Menge hindurchtreten. Man darf nicht glauben, dass die orthochromatische Platte, eben weil sie gelb- und grünempfindlich ist, deshalb blaues und violettes Licht nicht empfindet; es verhält sich in Wirklichkeit vielmehr so, dass im Vergleich zur gewöhnlichen Platte die Empfindlichkeit für Gelb und Grün wesentlich erhöht, diejenige für Blau und Violett dagegen nicht herabgedrückt ist. Die Fokus-Differenz würde deshalb auch auf orthochromatischen Platten Unschärfe veranlassen, wofern man nicht Sorge trägt, dass nur mit einem sehr schmalen Abschnitt des Spektrums gearbeitet wird.

Zur Erzeugung von gelbem und grünem Licht ist das Zettnow'sche Filter [2] am meisten geeignet. Dasselbe wird hergestellt durch Auflösen von 160 g trockenem, reinem Kupfernitrat und 14 g reiner Chrom-

---

[1]) Nach einer persönlichen Mittheilung.

[2]) Centralblatt f. Bakteriologie u. Parasitenkunde. Bd. IV, 1888, S. 51.

säure mit Wasser zu 250 ccm. Eine solche Mischung lässt bei 1 cm dicker Schicht nur gelbgrüne Strahlen von Wellenlänge 570-550 hindurch, für welche die Erythrosinplatte besonders hohe Empfindlichkeit besitzt. Bei grösserer Verdünnung treten orangefarbene Strahlen hinzu.

Bequemer herzustellen und für fast alle Fälle in 1-2 cm dicker Schicht ausreichend ist eine Lösung von 175 g Kupfervitriol, 17 g doppeltchromsaurem Kali und 2 ccm Schwefelsäure in Wasser zu 0,5 oder 1 Liter; auch hierdurch werden alle blauen und violetten Strahlen verschluckt.

Eine für das Auge fast gleiche Färbung, wie das saure Kupfer-Chromfilter besitzen eine Reihe anderer grüner Flüssigkeiten oder Kombinationen von gelben und blauen Farbstoffen, ohne jedoch dem Zwecke zu entsprechen wie jenes. Man erhält z. B. eine dem äusseren Ansehen nach der obigen sehr ähnliche Flüssigkeit durch Uebersättigen von Kupfersalzen mit Ammoniak und Versetzen mit chromsaurem Kali; dieselbe lässt jedoch nur solche grüne Strahlen hindurch, etwa von Wellenlänge 510-455, für welche die Erythrosinplatte geringe Empfindlichkeit zeigt, sodass die Platte bei Benutzung des ammoniakalischen statt des sauren Kupferchromfilters eine ausserordentlich lange Belichtung erfordern würde.

Zur Resorption der blauen, violetten und ultravioletten Strahlen lässt sich mit Vortheil auch ein alter Hydrochinon-Entwickler[1] verwenden. Es wird also auch mit seiner Hilfe unter Benutzung der Erythrosin-Platte gelingen, die Fokusdifferenz zu beseitigen.

Neben der Koncentration der Lösung und der Dicke der Flüssigkeitsschicht, welche die Strahlen zu passiren haben, schrieb man früher allgemein auch der Stellung der Küvette Einfluss zu auf die Menge der zur Resorption gelangenden Strahlen. Moitessier[2] sagt: „Die Stellung der Küvette im Beleuchtungsapparat ist von Wichtigkeit, denn sie gestattet innerhalb gewisser Grenzen die Wirkung der Absorptionsflüssigkeit auf die Strahlen der Lichtquelle abzustufen. Das Maximum der Absorption wird erreicht, wenn man die Küvette in die Bahn der Lichtstrahlen einschaltet, noch ehe sie auf die Sammellinse gelangen. Stellt man sie dagegen zwischen der Sammellinse und ihrem Brennpunkte auf, so ist die Absorption um so geringer, je näher sie sich dem Brennpunkte befindet, je kleiner also der von dem Lichtkegel durchsetzte Theil der Absorptionsflüssigkeit ist".

---

[1]) Photographisches Wochenblatt (Berlin) 1889, Nr. 51.

[2]) A. a. O. S. 185.

Nicht wenige Mikrophotographen sind auch jetzt noch der Ansicht, dass obige Behauptung Moitessier's zutreffend ist.

Um das Irrige dieser Behauptung zu beweisen, stellte Verfasser folgenden Versuch an: Eine gelbe Scheibe wurde anstatt des Präparates auf den Objekttisch gelegt und mit Hilfe einer 10 cm im Durchmesser messenden Sammellinse durch eine Petroleumflamme derart erleuchtet, dass das Bild der Flamme im Innern der gelben Scheibe lag. Nunmehr wurde mit einem schwachen Objektiv-System (Hartnack Nr. IV) auf das Innere der Scheibe, also auf das Flammenbildchen, scharf eingestellt und in gewöhnlicher Weise mit Hilfe eines Projektions-Okulars ein heller Lichtkreis auf der Visirscheibe entworfen, genau so, als ob sich ein Präparat auf dem Objekttisch befände. Hierauf wurde eine gewöhnliche (nicht orthochromatische) Bromsilber-Gelatine-Platte (von Sachs) so in die Kassette eingelegt, dass die dem Mikroskop zugekehrte, lichtempfindliche Schicht von einer Sensitometerplatte bedeckt war. Letztere ist hergestellt durch Bekleben einer Glasplatte mit 1 qcm grossen Rechtecken von Seidenpapier in verschieden starker Lage. Die in die Rechtecke eingetragenen Nummern 1 bis 30 zeigen die Zahl der Seidenpapierlagen in jedem Rechteck an. Die Dichtigkeit nimmt also mit steigender Nummer zu.

Die Belichtung währte genau 15 Minuten. Ohne das Geringste an der Einstellung zu ändern, wurde nunmehr die gelbe Scheibe vom Objekttisch entfernt und zwischen Lichtquelle und Kondensorlinse, in unmittelbarer Nähe der letzteren, aufgestellt, dann die belichtete Trockenplatte durch eine unbelichtete von derselben Emulsion ersetzt und unter der Sensitometerplatte abermals 15 Minuten exponirt.

Bei der Entwicklung beider Platten, die gleichzeitig in derselben Schale vorgenommen wurde, zeigte sich, dass bei beiden Anordnungen des Versuchs gleich viel Licht durch die gelbe Scheibe zurückgehalten war, obgleich der Lichtkegel in dem ersten Falle einen verschwindend kleinen Abschnitt der Scheibe, in dem zweiten dagegen eine kreisförmige Fläche von etwa 10 cm Durchmesser passirt hatte. Das Bild kam auf beiden Platten genau gleichzeitig mit derselben Kraft. In den fertig entwickelten Negativen konnten die Ziffern 1 bis 16 deutlich wahrgenommen werden. Ziffer 18 und 19 liess sich noch mit Mühe erkennen; bei 20 hatte die Sache auf beiden Platten ein Ende.

Nunmehr wurde die gelbe Scheibe durch eine 3 mm dicke Schicht einer gesättigten Pikrinsäure-Lösung ersetzt und der Versuch in beschriebener Weise wiederholt. Das Resultat war dasselbe wie mit der gelben Scheibe.

Hieraus geht also auf's Klarste hervor, dass es völlig gleichgiltig ist, ob das Lichtfilter nahe der Sammellinse oder nahe dem Brennpunkte derselben steht. Nur die Länge des Weges, den jeder einzelne Lichtstrahl in dem absorbirenden Medium zurücklegt und nicht die absolute Menge der Absorptionsflüssigkeit oder des farbigen Glases, welche von dem Lichtkegel durchsetzt wird, beeinflusst die Menge des zur Absorption gelangenden Lichtes.

Die Art der Lichtquelle spielt bei der Fokusdifferenz eine wesentliche Rolle. Arbeitet man mit einem Licht, welches wie die Petroleum- oder Gasflamme, oder beinahe jede durch Glühen gewisser Körper erzeugte Lichtsorte, arm an blauen und violetten, dagegen reich an gelben und grünen Strahlen ist, so macht sich die dem Objektiv anhaftende Fokusdifferenz auch ohne jedes Filter viel weniger störend bemerkbar, als wenn man das an violetten und ultravioletten Strahlen reiche Sonnenlicht benutzt, und zwar besonders dann, wenn die verwendeten Platten für die optisch wirksamen Strahlen hervorragend empfindlich sind.

Die Unvollkommenheit der Lichtfilter und die durch jede absorbirende Substanz verursachten erheblichen Lichtverluste liessen frühzeitig das Verlangen nach Objektiven wach werden, welche auch im weissen Lichte Fokusdifferenz nicht aufweisen. Nun ist zu bemerken, dass Objektive mit sehr kurzer Brennweite, also stark vergrössernde, der Regel nach verschwindend geringfügige Fokusdifferenz haben. Je grösser die Brennweite, um so weiter getrennt liegen der optische und der chemische Fokus.

Wales in Amerika und Gundlach in Berlin, später auch Seibert und Krafft in Wetzlar, suchten das bei photographischen Objektiven längst gelöste Problem der Vereinigung des optischen und chemischen Fokus für Mikroskop-Objektive zu lösen. Doch musste man sich in Folge der bereits angedeuteten Unmöglichkeit, mehr als zwei Strahlen auf die gleiche Brennweite zu bringen, darauf beschränken, die chromatische Differenz der sphärischen Abweichung so zu verbessern, dass die Systeme nicht für die optisch, sondern für die chemisch am meisten wirksamen Strahlen (Blauviolett) das beste Bild lieferten. Wenngleich diese Gläser wesentlich Besseres leisteten, als gewöhnliche Objektive, so konnten sie doch nicht voll befriedigen, da das sekundäre Spektrum unkorrigirt blieb. Völliger Wandel wurde in diesem Punkte erst durch die vereinten Bemühungen von Abbe, Schott und Zeiss geschaffen. Bei den Zeiss'schen Apochromaten tritt aus den früher auseinander gesetzten Gründen das beste chemische Bild in derselben Ebene wie

das beste optische auf. Da nicht zwei, sondern je drei Farben in einem Punkte zur Vereinigung gelangen, so wird der Spielraum der Fokusdifferenzen für verschiedene Farben des Spektrums vom sichtbaren bis weit in den chemisch wirksamen Theil desselben hinein auf den siebenten bis zehnten Theil verringert, also praktisch völlig aufgehoben, und dies für jede Zone des Objektivs in gleicher Weise.

Doch sind selbst die Apochromate nicht immer ganz frei von Fokusdifferenz, weil die geringste, in der Praxis kaum vermeidliche Ueber- oder Unterkorrektion die genauste Vereinigung des optischen und chemischen Brennpunktes vereitelt. Die ultravioletten Strahlen mögen hierbei eine wesentliche Rolle spielen. Man wird deshalb gut thun, auch bei Apochromaten wenigstens die Küvette mit Aesculin-Lösung einzuschalten, besonders dann, wenn die Sonne oder elektrisches Bogenlicht zur Beleuchtung dient.

---

4. Die Vergrösserung.

Die Vergrösserung auf der Visirscheibe ist abhängig von dem Vergrösserungsvermögen des Objektivs und Projektionsokulars, der Tubus- und der Kameralänge. Beim Arbeiten ohne Okular kommt die Okularvergrösserung und der Einfluss der Tubuslänge in Fortfall.

Von wesentlicher Bedeutung für die Güte des Bildes ist nur die Objektivvergrösserung; durch starkes Okular, lange Kamera oder gar nachträgliche Vergrösserung des Negativs wird das Bild lediglich in die Länge gezogen, ohne mehr Einzelheiten aufzuweisen. Heutzutage ist dies jedem verständigen Mikroskopiker so bekannt, dass es überflüssig erscheinen könnte, hierüber ein Wort zu verlieren. Es gab Zeiten, in denen dies anders war. Als die Mikrophotographie anfing, aus den ersten Kinderschuhen herauszutreten, begrüsste man dieselbe als ein vortreffliches Mittel, die Leistungsfähigkeit der damals noch mangelhaften Mikroskope wesentlich zu erhöhen. Schien nunmehr doch der Vergrösserung kaum eine Schranke gesetzt zu sein! Das direkte Vergrössern mit Hilfe einer sehr langen Kamera war freilich eine missliche Sache, da die hierbei nothwendigen langen Expositionen bei den nassen Platten recht verdriesslich sein konnten. Doch bot die nachträgliche Vergrösserung der Negative eine Handhabe, die Linearver-

grösserung in's Fabelhafte zu steigern. Schon Pohl und Weselsky [1] empfahlen die 10 bis 15fache Vergrösserung des Negativs. Gerlach [2] brachte Methode in die Sache. Er wies darauf hin, dass bei den mikroskopisch kleinen Glasphotogrammen, welche kaum ein Quadratmillimeter gross dem unbewaffneten Auge als ein mehr oder weniger diffuser schwarzer Fleck erscheinen, bei einer 50 bis 100maligen Vergrösserung sich zu bestimmt und scharf gezeichneten Bildern auflösen. Hierdurch sei der Beweis geliefert, dass die Detailzeichnung des photographischen Bildes weit über das Auffassungsvermögen des unbewaffneten Auges hinausgehe.

Nun ist aber die Verkleinerung eines makroskopischen mit der Vergrösserung eines mikroskopischen Objekts ganz und gar nicht zu vergleichen. Arbeitet man bei mikrophotographischen Aufnahmen mit nicht allzu geringfügiger Balgenlänge, so vermag das unbewaffnete Auge im Negativ ausnahmslos alle Einzelheiten genau zu unterscheiden, die in demselben überhaupt vorhanden sind. Mitunter ist es allerdings nicht unvortheilhaft, eine 2 bis 3malige nachträgliche Vergrösserung des Negativs eintreten zu lassen, um besonders dem weitsichtigen Auge das Erkennen feiner Einzelheiten zu erleichtern. Stärkere Vergrösserungen sind jedoch zu verwerfen, da durch dieselben das Korn der Platte mit vergrössert und in Folge dessen ein unangenehmes, sandiges Aussehen des Bildes erzeugt wird. Die jetzt allgemein verwendeten Trockenplatten gestatten um so weniger eine erhebliche nachträgliche Vergrösserung, als ihr Korn viel gröber ist als bei den alten, nassen Kollodiumplatten.

Ueberdies gehen nach Fritsch bei jeder Vergrösserung eines Negativs in Folge von Absorption der Lichtstrahlen immer eine Reihe von Halbtönen verloren [3].

Wie kritiklos man bei der Steigerung der Vergrösserung ohne gleichzeitige Steigerung des Auflösungsvermögens der Objektive verfuhr, beweisen am Besten die 20,000fachen Vergrösserungen von Diatomeen, beispielsweise von Pleurosigma angulatum, die vor Jahren in Amerika grosses Aufsehen machten und in vereinzelten Exemplaren auch nach Europa gelangten. Ein abschreckendes Beispiel von über-

[1]) Bericht der Wiener Akademie 1857, S. 317.

[2]) Gerlach, J., Ueber die Steigerung der Vergrösserung auf photographischem Wege (Monatsberichte d. kgl. Akademie d. Wissenschaften zu Berlin. 1861, Juniheft S. 596).

[3]) Gegenwärtig ist wohl van Heurck der Einzige, welcher die nachträgliche Vergrösserung der ursprünglich erhaltenen, sehr kleinen Negative systematisch betreibt.

mässiger Vergrösserung lieferte noch in jüngster Zeit Crookshank mit seinem Werke: Photography of bacteria (London 1887).

Man wähle nie stärkere — aber auch nie schwächere — Vergrösserungen, als das klare Erkennen aller Einzelheiten im Bilde unbedingt erheischt. Im Allgemeinen gilt Folgendes: Bei Diatomeen mit gröberer Zeichnung genügt in der Regel 50 bis 100fache Linearvergrösserung, bei solchem mit feinerer muss man jedoch viel weiter gehen. Beispielsweise werden die ungemein zarten Einzelheiten von Amphipleura pellucida erst bei mindestens 1000facher Linearvergrösserung dem Auge deutlich sichtbar. Histiologische Präpate erfordern nur in den seltensten Fällen mehr als 200 linear. Bei Aufnahmen von Bakterien und Kokken ist es zweckmässig, sich an eine bestimmte Vergrösserung zu halten, um die verschiedenen Organismen in Bezug auf ihre Grösse mit einander vergleichen zu können. R. Koch, der zuerst brauchbare Mikrophotogramme von Bakterien herstellte, wählte 700 als Norm, denn dies war bei den damaligen besten Wasserimmersionen die äusserste nutzbare Grenze. Seit Einführung der Oel-Immersionen kann man wesentlich weiter gehen; es empfiehlt sich, Bakterienaufnahmen in tausendfacher Linearvergrösserung zu fertigen. Eine Ausnahme hiervon bilden nur die Schnittpräparate, bei denen es weniger darauf ankommt, die Form der Mikroorganismen, als ihre Lagerung im Gewebe zu veranschaulichen. Schon um im Photogramm einen grösseren Abschnitt des Gewebes überblicken zu können, geht man hierbei über 500fache Linearvergrösserung nicht gern hinaus.

Für ganz schwache Vergrösserungen bedarf man keines mikroskopischen Objektivs, da hierzu die gewöhnlichen Landschaftslinsen, besonders die Aplanate, ausreichen. Dieselben sind schon ihres grösseren Gesichtsfeldes wegen vorzuziehen. Gerlach[1] bediente sich für 2 bis 10malige Vergrösserung eines kleinen Objektivs von Busch mit 11 cm Brennweite. Fritsch empfiehlt die kleinen Aplanate von Steinheil; er konnte mit einem Objektiv von 7‴ die Vergrösserung auf 20 linear steigern[2]. Bei diesen Objektiven wird das Bild ohne Konkavlinse oder Okular direkt auf der Visirscheibe entworfen.

Zeiss fertigt für 10 bis 20fache Linearvergrösserung nach dem Typus der Apochromate ein besonderes mikroskopisches Objektiv von 75 mm Brennweite[3], welches ebenfalls direkt, ohne Projektions-Okular

[1]) Gerlach, Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung S. 36.

[2]) Nach einer persönlichen Mittheilung.

[3]) Zeiss, Special-Katalog S. 27.

verwendet wird. Wegen seines grossen Bildabstandes bedarf es besonderer Vorkehrungen, um dasselbe am Mikroskopstativ anzubringen. Zeiss richtete daher sein grosses Stativ für Mikrophotographie (s. Figur 16) derart ein, dass sich das untere Ende des Tubus, welches für gewöhnlich die Objektive aufnimmt, abschrauben lässt, wodurch die Tubushülse sich mit ihrem vollen Durchmesser nach dem Objekt hin öffnet. Sodann wird der Tubusauszug ebenfalls abgeschraubt und an seiner Stelle des Objektivsystem befestigt.

Bei den Apochromaten von Zeiss ist zwischen den Objektiven von 70 mm und 16 mm Brennweite ein zu grosser Abstand; es fehlen Objektive von etwa 30 mm und 50 mm Fokus. Bei Auszug der Kamera auf 1,5 m ist mit dem 70 mm Objektiv höchstens eine 21fache Vergrösserung möglich, während bei möglichst eingeschobener Kamera und Benutzung des 16 mm Systems die geringste Vergrösserung bereits das 50 bis 60fache beträgt. Die Lücke von 20 bis 50facher Vergrösserung wird nach Zettnow[1] vortrefflich ausgefüllt durch die Projektions-Köpfe von Hartnack in Potsdam. Dieselben arbeiten ohne Fokus-Differenz, zeichnen äusserst scharf über das ganze Gesichtsfeld und übertreffen hierin die gewöhnlichen Objektive. Die Lichtstärke ist eine bedeutende. Bei Anwendung eines solchen Objektivs von 54 mm Fokus beträgt die Vergrösserung je nach Auszug der Kamera vom Objektiv an gerechnet, da dieselben ohne Projektions-Okular benutzt werden, bei 80 cm das 15fache, bei 180 cm das 33fache, während das Objektiv von 27 mm Fokus diese Vergrösserungen verdoppelt.

Für mittelstarke Vergrösserungen hat man grosse Auswahl. Verfasser bedient sich neben den Apochromaten von Zeiss mit Vortheil eines Systems No. IV und No. VII von Hartnack. Um bei ganz starken Vergrösserungen die besten Resultate zu erreichen, sind Apochromate unbedingt erforderlich. Doch verbürgt der Besitz eines solchen Objektivs keineswegs das Gelingen guter Bilder.

Berechnung der Vergrösserung. Um die Vergrösserung eines durch irgend eine der üblichen Methoden auf der Visirscheibe entworfenen Bildes zu bestimmen, verfährt man folgendermassen: Ohne an der Aufstellung des mikrophotographischen Apparats etwas zu ändern vertauscht man das aufzunehmende Präparat mit einem Objektträger, auf dem ein Massstab mit bekannter, sehr feiner Theilung an-

---

[1]) Eder's Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1890 S. 181. Halle, Knapp.

gebracht ist[1]. Beträgt die Entfernung der einzelnen Theilstriche von einander beispielsweise in Wirklichkeit 0,01 mm, auf der Visirscheibe dagegen 1 mm, so ist die unter den obwaltenden Verhältnissen eingetretene Linearvergrösserung eine hundertfache.

Kommt es darauf an, mit bestimmten, z. B. 500facher Linearvergrösserung zu arbeiten, so hat man die Kamera so weit zu verlängern, bis der Abstand der Theilstriche auf der Visirscheibe 5 mm beträgt.

Alle Momente, die zum Erreichen einer gewissen Vergrösserung beitragen, wie Nummer des verwendeten Objektivs und Okulars, Länge des Tubus, des Okulars und der Kamera notire man genau, um jederzeit die gleiche Vergrösserung ohne besondere Vorversuche wieder herstellen zu können. Es ist zweckmässig, über die erhaltenen Werthe eine Tabelle nach folgendem Muster anzulegen:

Objectiv No. X; Proj.-Ocul. No. II; Länge desselben 75 mm; Tubus-Länge 160 mm, Abstand der Visirscheibe vom Objekt 70 cm. Vergr. 200 linear.

Objektiv No. Z; ohne Okular; Kameralänge 50 cm; Vergr. 50 linear. u. s. w.

Zwei Systeme derselben Nummer, aus derselben optischen Werkstatt liefern fast niemals dieselben Vergrösserungen; es sind daher für jedes System Messungen vorzunehmen.

Die im Negativ erhaltene Vergrösserung kann man auch dadurch berechnen, das man das Bild mit dem Centimetermasse unter Zuhilfenahme des Zirkels ausmisst und darauf die wahre Grösse des Objekts mit dem Okularmikrometer bestimmt. Dividirt man die Bildlänge durch die Objektlänge, so giebt der erhaltene Quotient die Linearvergrösserung an. Ist beispielsweise die Bildlänge 100 mm, die Objektlänge 0,5 mm, so hat das Bild 200fache Linearvergrösserung.

Wenn ein beliebiges Linsensystem mit Brennweite von x mm ein Bild entwirft welches d mm vom hinteren Brennpunkt des Linsensystems entfernt liegt, so ist die lineare Vergrösserung dieses Bildes $= \frac{d}{x}$. Hiernach würde z. B. ein Objektiv von 4 mm Brennweite, wenn man es für sich allein zur direkten Projektion des Bildes benutzte, der Reihe nach die Vergrösserungen 10, 100 und 1000 liefern, je nachdem die das Bild auffangende Fläche 40 mm, 400 mm oder 4000 mm vom hinteren Brennpunkte des Objektivs entfernt wäre. Da der hintere

[2]) Möller in Wedel (Holstein) liefert Objektmikrometer mit Theilung in 0,01 mm. Preis 3 M.

Brennpunkt sehr nahe der letzten Linsenfläche des Objekts gelegen ist, so dürfen die Bildabstände in diesem Falle von der hintersten Linsenfläche aus gemessen werden.

Wird das Objektiv mit einem Projektions-Okular verbunden, so führt letzteres zweierlei Veränderungen herbei. Erstens bewirkt das Hinzutreten des Okularsystems, dass der hintere Brennpunkt des nunmehr wirksamen Gesammtsystems nicht mehr direkt am Objektiv verbleibt, sondern in die Nähe der letzten Okularlinse rückt, und zwar fast genau in die Oeffnung des Okulardeckels über der Projektionslinse. Für die Bestimmung der Bildvergrösserung ist der Abstand der Bildebene nunmehr vom Okulardeckel ab zu messen. Zweitens wird durch das Hinzutreten des Okulars das System verwandelt in ein Gesammtsystem, dessen Aequivalent-Brennweite ein gewisser Bruchtheil von der Objektiv-Brennweite ist. Aus einem Objektiv von x mm Brennweite entsteht ein Gesammtsystem von $\frac{x}{v}$ mm Brennweite, wenn v die betreffende Ziffer der Okularwirkung bedeutet. Diese Ziffer ist in der Reihe der neuen Projektions-Okulare von Zeiss durch die Bezeichnung eines jeden Okulars selbst unmittelbar gegeben. Es giebt also das Projektionsokular II in Verbindung mit einem Objektiv von 4 mm Brennweite ein Gesammtsystem von der Brennweite $^1/_2 \times 4$ mm $=$ 2 mm. Daher entwirft bei gleichen Abständen der Platte ein Objektiv von 4 mm Brennweite mit dem Projektions-Okular II ebenso grosse Bilder, wie ein Objektiv von 2 mm ohne Okular.

Bei Anwendung der mit genauer Angabe über Brennweite versehenen Apochromate und Projektionsokulare von Zeiss erhält man die Vergrösserung des Bildes, indem man den in Millimetern ausgedrückten Bildabstand (vom Deckel des Projektionsokulars aus gerechnet) durch die Brennweite (Benennung) des Objektivs dividirt und die erhaltene Zahl mit der Nummer des verwendeten Projektions-Okulars multiplicirt[1]. Man kommt demnach zu einer 300fachen Linearvergrösserung, wenn man ein Bild mit dem Apochromat von 4 mm Brennweite und dem Projektions-Okular No. II auf eine Entfernung von 600 mm entwirft, denn: $\frac{600}{4} \times 2 = 300$.

Kommt es auf genauste Feststellung der Vergrösserung an, so giebt nur die auf Seite 70 beschriebene Methode (Vergleich mit dem Bilde eines Objektmikrometers auf der Visirscheibe) zuverlässige Re-

---

[1]) Katalog der Firma Zeiss über Apochromate. Jena 1886. S. 12. — Zeiss, Special-Katalog S. 36.

sultate. Einerseits sind die meisten Optiker ziemlich leichtfertig in den Angaben über die Brennweiten ihrer Objektive, andererseits haben die geringsten, oft kaum zu vermeidenden Abweichungen der thatsächlichen Brennweite von der für das Objektiv berechneten wesentliche Unterschiede in der Vergrösserung zur Folge.

Durchmesser des Bildes auf der Platte. In Folge der unvermeidlichen Wölbung des Gesichtsfeldes sind nur die mittleren Theile des Negativs scharf gezeichnet. Da nun die unscharfen Randparthien einen ungünstigen Eindruck machen, so thut man gut, den Bildkreis nicht wesentlich grösser, als die scharfe Zone ist, zu wählen.

Bei Anwendung der Projektions-Okulare von Zeiss hängt bei gegebenen Bildabstande der Durchmesser des Bildes auf der Platte ab von dem Durchmesser der innerhalb des Okulars befindlichen Blende. Durch Einsetzen kleinerer oder grösserer Blenden lässt sich also die Grösse des Bildkreises verändern. Die auf der oberen Linse des Projektionsokulars als Okulardeckel angebrachte Blendung hat keinen Einfluss auf den Durchmesser des Bildes, wohl aber auf den Oeffnungswinkel des Systems.

Jede beliebige Einengung des Bildfeldes lässt sich leicht erreichen durch Anbringen einer Blechtafel mit kreisrunder Oeffnung unmittelbar vor der Kassette. Zeiss giebt seinem Apparat eine ausreichende Anzahl dieser Tafeln nebst dem zu ihrer Befestigung nöthigen Holzrahmen bei.

Natürlich kann man auch auf dem fertig entwickelten Negativ durch mechanisches Entfernen der Randparthie den Durchmesser des Bildes verkleinen. Zu diesem Zwecke legt man ein kreisrundes Beschneideglas auf die Mitte des vollkommen getrockneten Bildes, umzieht dasselbe mit einem scharfen Instrument und schabt die von dem Glase nicht bedeckten Stellen der Bildschicht nach gelindem Anfeuchten mit einem Messer ab. Auch kann man mit dem Zirkel auf dem Negativ einen Kreis von beliebiger Grösse schlagen. Hierbei wird, um die Mitte des Bildes nicht zu verletzen, die Zirkelspitze aufgesetzt auf einer schmalen, quer über das ganze Negativ reichenden, kräftig gegen das Glas gedrückten Holzleiste. Die ausserhalb des Kreises gelegene Bildschicht ist vorsichtig zu entfernen.

DRITTER ABSCHNITT.

Die Lichtquelle.

1. Allgemeines.

Ein Licht erweist sich für die Mikrophotographie als um so werthvoller, je reicher dasselbe an kurzwelligen (blauen und violetten) Strahlen ist. Objektive von bestimmter num. Apertur vermögen nämlich um so feinere Streifensysteme aufzulösen, je kürzer die Wellenlänge des zur Beleuchtung verwendeten Lichtes ist. Der kleinste durch ein bestimmtes Objektiv zu lösende Streifenabstand (e) ergiebt sich als Quotient der Wellenlänge (λ) durch die num. Apertur (a) [1]:

$$e = \frac{\lambda}{a}$$

daraus folgt: $\lambda = a.\, e.$

Folgende Tabelle zeigt, ausgedrückt in Milliontel Millimetern, die Wellenlänge für die verschiedenen Fraunhofer'schen Linien:

Roth.	*A.*	768.	Grün. *E.* 527.
	B.	687.	*F.* 486.
	C.	656.	Blau. *G.* 431.
Gelb.	*D.*	589.	Violett. *H.* 397.

Arbeitet man nun z. B. mit einem Objektiv von 1,0 num. Apertur, so wird man bei centraler Beleuchtung unter Anwendung von rothem Licht mit Wellenlänge 760 ein Streifensystem auflösen können, bei dem die Streifen einen gegenseitigen Abstand von $\frac{0{,}000760}{1} = 0{\cdot}00076$ mm

[1]) Dies gilt nur für centrale Beleuchtung; für möglichst schiefe Beleuchtung ergiebt sich der kleinste Streifenabstand als Quotient der halben Wellenlänge durch die num. Apertur (Dippel, Grundzüge der allgemeinen Mikroskopie S. 158).

haben. Bei blauem Licht mit Wellenlänge 430 kommt dagegen unter sonst gleichen Verhältnissen ein Streifensystem zur Auflösung mit einem Streifenabstand von nur 0,00043 mm. Man kann demnach lediglich durch passende Auswahl des zur Beleuchtung verwendeten Lichtes die Leistungsfähigkeit eines Objektivs beinahe um das Doppelte steigern [1].

In der Photographie sind die Verhältnisse besonders durch den Umstand eigenartige, dass die leichtempfindliche Platte auch ultraviolette Strahlen bis zur Wellenlänge $\lambda = 185$ (letzte Aluminiumlinie) zu sehen vermag. Mit Hilfe der Photographie wird man daher Streifensysteme zur Lösung bringen können, die anders nur durch Objektive von höherer num. Apertur zu lösen wären.

Bei glühenden Körpern ist der Reichthum an kurzwelligen Strahlen von der Hitze abhängig; dieselben entsenden erst bei einem Hitzegrad von 1500 ° C. hellblaue, von 2000 ° C. violette Strahlen.

Ausser von dem Reichthum an kurzwelligen Strahlen hängt der Werth eines Lichtes ab von der Intensität, der gleichmässigen

[1]) Aus Obigem erhellt, dass der sehr verbreitete Brauch, die Leistungsfähigkeit eines Systems zu bemessen nach der Möglichkeit, die Streifung einer bestimmten Diatomee damit aufzulösen, nur dann zuverlässige Anhaltspunkte zur Vergleichung ergiebt, wenn man sich zuvor genau verständigt über die Art der Beleuchtung (ob centrale oder schiefe) und über die Farbe (Wellenlänge) des verwendeten Lichts. Ueberdies ist nicht ausser Acht zu lassen, dass bei derselben Diatomeen-Art die Streifenabstände nicht unwesentlichen Schwankungen unterliegen. Zu vergleichenden Beobachtungen könnte man die Wellenlänge des hellen Grüns, zwischen den Fraunhofer'schen Linien *D* und *E* ($\lambda = 550$) wählen, welche gleichzeitig diejenige des weissen Tageslichts ist.

Die Erörterungen über den Einfluss der Wellenlänge werfen einiges Licht auf die so sehr abweichenden Angaben der verschiedenen Autoren über das für mikroskopische Zwecke am meisten geeignete Licht. Die Widersprüche erklären sich dadurch, dass für verschiedenartige Objekte auch verschiedenartiges Licht erforderlich ist. Der Histiologe, welcher mit der Auflösung feinster Streifenabstände nichts zu thun hat, wird mit einem an grünen und gelben Strahlen reichen, für das Auge sehr wirksamen Lichte vortreffliche Resultate erzielen, während der Diatomeen-Forscher mit dem blauen Lichte des unbewölkten Himmels auf jeden Fall weiter kommt. Ein an kurzwelligen Strahlen armes Licht durch Vorsetzen blauer Lichtfilter blau zu machen, ist eine missliche Sache, da hierdurch wohl die gelben und rothen Strahlen ausgeschieden, die nur spärlich vorhandenen blauen jedoch nicht vermehrt werden.

Das Licht weisser Wolken ist einerseits hell genug, um auch von dunkelen Objekten hinreichend kräftige Eindrücke auf der Netzhaut zu erzeugen, andererseits ist die Wellenlänge desselben eine für die meisten Zwecke genügend kurze. Dasselbe wurde daher am häufigsten als das ‚beste' Licht angepriesen.

Helligkeit und der Ruhe, d. h. dem Verharren an genau demselben Orte. Weniger Gewicht ist dagegen der Grösse des Lichtpunkts oder der leuchtenden Fläche beizulegen, da man dieselbe durch geeignete, zwischen Lichtquelle und Objekt angebrachte Linsen und Blenden jederzeit reguliren kann. In der Mehrzahl der Fälle lässt sich von einer grossen leuchtenden Fläche doch nur ein verhältnismässig kleiner Abschnitt für die Beleuchtung des Objekts ausnutzen [1].

Von der Intensität des Lichtes ist die Länge der Belichtungszeit abhängig. Da nun bei möglichst kurzen Expositionen die Aussichten auf Gelingen des Bildes die grössten sind, so giebt man intensiv hellem Lichte unter allen Umständen den Vorzug. Eine andere Frage ist, ob, wie von verschiedenen Seiten behauptet wird, mit sehr intensivem Licht feinere Struktureinzelheiten abgebildet werden können, als mit einem weniger intensiven.

Bei der Okularbeobachtung sieht man, auch wenn man mit Licht von derselben Wellenlänge beleuchtet, unter Anwendung hellen Lichtes zweifellos mehr, als bei matter Beleuchtung; denn die Netzhaut nimmt nur Gegenstände wahr, deren Helligkeit nicht unter eine gewisse Grenze sinkt. Bei der photographischen Platte ist dies anders, da hier die Addition der Lichteindrücke eine wesentliche Rolle spielt. Ein schwach beleuchteter Körper, der bei kurzer Exposition auf der Platte nicht den mindesten Eindruck hinterlässt, bildet sich nicht weniger deutlich wie ein hell beleuchteter ab, wofern man nur die Exposition hinreichend verlängert. So sehen wir, dass der Photograph durch tagelange Belichtung einer Platte prachtvoll durchgezeichnete Photogramme von Mosaiken, Deckengemälden u. dergl. in dunkelen Kirchen und Kapellen fertigt, wo das Auge des Beobachters nur mit Mühe schwache Umrisse wahrzunehmen vermag [2].

Nichts berechtigt jedoch zu der Annahme, dass die Intensität einen ähnlichen Einfluss wie die Wellenlänge auf das Abbildungsvermögen der Objektive ausübt. Die Erfahrung widerspricht diesem Satze nur scheinbar. Allerdings hat jeder Mikrophotograph Gelegenheit zu bemerken, dass bei Anwendung von intensivstem Sonnenlichte die feinste Zeichnung auf den Kieselschalen der Diatomeen plötzlich herausspringt, während man sich bei diffusem Tageslicht oder gar bei der Lampe vergeblich bemühte, dieselbe sichtbar zu machen. Doch hat dies

[1]) Näheres hierüber in Abschnitt IV.

[2]) Etwas ganz Analoges findet bei Sternaufnahmen statt, wo auf einer mehrere Stunden lang belichteten Platte weit mehr Sterne sichtbar werden, als das Auge sieht.

seinen Grund nicht in der Intensität des Sonnenlichtes, sondern in der reichlich vorhandenen Menge kurzwelliger Strahlen, die bei Lampenlicht so gut wie gar nicht, bei diffusem Tageslichte nur in so geringer Menge anwesend sind, dass ihr Einfluss sich nicht genügend geltend macht.

Die zur Mikrophotographie verwendete Lichtquelle muss fernerhin ein gleichmässig helles Licht ausstrahlen: Es sollen einerseits die einzelnen Abschnitte der Flamme oder des glühenden Körpers wesentliche Helligkeitsunterschiede nicht aufweisen; andererseits darf die zu verschiedenen Zeiten von der Lichtquelle gelieferte Lichtmenge Schwankungen nicht unterworfen sein.

Da man, wie wir im folgenden Abschnitte sehen werden, bei der Beleuchtung in der Regel das Bild der Lichtquelle in das aufzunehmende Objekt verlegt, so würden Ungleichheiten in der Helligkeit der leuchtenden Fläche auch verschieden intensive Beleuchtung der einzelnen Abschnitte der Platte zur Folge haben. Ist das Licht bald mehr, bald minder hell, so schwindet jede Sicherheit in der Beurtheilung der zum guten Durcharbeiten einer Platte nothwendigen Belichtungszeit.

Von grösster Wichtigkeit für das Gelingen eines Mikrophotogramms ist die Ruhe des zur Beleuchtung verwendeten Lichtes. Jede Bewegung der Lichtquelle hat eine Bewegung des Bildes auf der Visirscheibe zur Folge. Man kann daher mit einem flackernden oder aufblitzenden Lichte niemals scharfe Bilder herstellen.

An der Hand dieser Vorbemerkungen wollen wir versuchen, den Werth der verschiedenen Lichtquellen zu prüfen.

---

2. Sonnenlicht.

Das Sonnenlicht ist reich an Strahlen jeglicher Wellenlänge, vom Infra-Roth bis tief in die ultraviolette Region des Spektrums hinein. Man kann daher unter Anwendung geeigneter Lichtfilter Strahlen von beliebiger Wellenlänge wirken lassen.

Bei histiologischen und bakteriologischen Arbeiten stellt man mit den durch Einschalten des Zettnow'schen Kupferchrom-Filters [1] er-

[1]) S. Abschnitt II. S. 63.

zeugten gelbgrünen Strahlen ($\lambda = 580$-540) vortrefflich scharfe Bilder her; zum Zwecke der Auflösung von Diatomeen ist dagegen den blauen Filtern der Vorzug zu geben, wofern man nicht, wie bisher scheinbar noch niemals versucht wurde, einzig mit den reichlich vorhandenen ultravioletten Strahlen sein Heil versuchen will.

Die Möglichkeit, nur mit ultravioletten Strahlen zu arbeiten, wird gegeben durch den Umstand, dass eine mit Jod-Tinktur gefüllte Küvette nur ultraviolettes Licht hindurchlässt. Die Einstellung des Bildes auf der Visirscheibe müsste selbstverständlich mit einem für das Auge gut wahrnehmbaren Lichte geschehen; die hierbei auftretende, wohl durch kein apochromatisches System zu beseitigende Fokus-Differenz wäre durch Veränderung der Einstellung unschädlich zu machen[1]. Gewiss könnten hierdurch die Grenzen des Naturerkennens um ein wesentliches Stück vorgeschoben werden. Mögen die Mikrophotographen endlich etwas mehr derartigen Aufgaben und etwas weniger dem Erfinden neuer Apparate ihre Kräfte widmen!

Die Intensität des Sonnenlichtes ist eine so grosse, dass selbst bei Beleuchtung mit nur schmalen Abschnitten des Spektrums und bei Anwendung stärkster Vergrösserungen eine Belichtung von Bruchtheilen der Sekunde oder höchstens von einigen Sekunden ausreicht.

Wegen der sehr starken Wärme-Entwicklung bei Beleuchtung mit Sonnenlicht hat man besondere Vorsichtsmassregeln zu treffen, um eine Erhitzung des Präparats und der Linsen zu vermeiden. Da die Flint-Kronglas-Kombinationen mit Kanadabalsam zusammengekittet sind, so würde das Objektiv durch Erwärmung unbrauchbar werden, indem der verbindende Balsam sich löst.

Zur Absorption der Wärmestrahlen empfahl man Einschaltung einer mit gewöhnlichem Wasser oder mit Alaun-Lösung gefüllten Küvette. Arbeitet man mit Lichtfiltern, die aus wässrigen Lösungen irgendwelcher Substanzen bestehen, so ist eine besondere Küvette für Absorption der Wärmestrahlen nicht nöthig. Wird jedoch Licht von bestimmter Farbe lediglich durch Verwendung farbiger Gläser oder durch Prismen hergestellt, so müssen die Wärmestrahlen durch eine 1 cm dicke, mit Wasser — noch besser mit gesättigter Alaunlösung — gefüllte Küvette abgefangen werden.

Mit der gleichmässigen Helligkeit des Sonnenlichtes ist es leider schlecht bestellt. Zwar weist das in die Objektebene projicirte Sonnenbildchen in seinen verschiedenen Theilen, abgesehen von der äussersten

---

[1]) S. Abschnitt II. S. 56.

Randzone, verschiedene Helligkeit nicht auf — etwa vorhandene Sonnenflecke stören in Folge ihrer verschwindenden Kleinheit nicht —, doch kann man mit Fug und Recht behaupten, dass die Helligkeit nicht in zwei aufeinander folgenden Sekunden genau die gleiche ist. Aus diesem Grunde lassen sich für die zu bestimmten Vergrösserungen nothwendigen Belichtungszeiten bestimmte Angaben nicht machen. Der Photograph tappt in diesem Punkte stets im Dunkeln und wird erst durch grosse Uebung einige Sicherheit in der richtigen Exposition sich aneignen. So lange die Sonne tief am Horizonte steht, kommen in Folge des reichlichen Wassergehalts der Luft und des langen Weges, den die Strahlen durch die irdische Atmosphäre zurückzulegen haben, die meisten kurzwelligen Strahlen zur Resorption. Bei höher steigender Sonne nimmt die Kraft des Lichtes schnell zu und erreicht in den Mittagsstunden, besonders in den Monaten Juni und Juli eine ganz ausserordentliche Höhe. In der Zeit von 11 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. würde die Helligkeit beinahe eine gleichmässige sein, wenn nicht atmosphärische Einflüsse einen unausgesetzten Wechsel derselben herbeiführten. Die dünnste vor der Sonne vorbeiziehende Wolke, vor Allem aber der in der Grossstadt niemals fehlende, von Stunde zu Stunde sich mehrende Rauch üben auf die Helligkeit den nachtheiligsten Einfluss aus.

Da es zu umständlich ist, den ganzen mikrophotographischen Apparat wie ein Fernrohr auf die Sonne zu richten, so greift man zum Spiegel, um das Licht auf das Objekt zu leiten. Derselbe wird auf dem Fensterbrett oder auf einem festen Untersatz genau in Höhe der optischen Achse der Kamera angebracht. Die Prüfung der Aufstellung erfolgt am einfachsten dadurch, dass man das vom Spiegel ausgehende Licht in die optische Achse des noch nicht mit Linsen ausgestatteten Mikroskops dirigirt. Dann muss genau in Mitte der Visirscheibe ein heller Sonnenfleck erscheinen, so gross wie die Oeffnung des Tubus.

In Folge der scheinbaren Bewegung der Sonne würde jedoch das Gesichtsfeld schon nach wenigen Minuten völlig verdunkelt sein; der Spiegel hat demnach dem scheinbaren Wege des Himmelsgestirns zu folgen. Am besten wird dieser Zweck erreicht durch die sogenannten Heliostaten [1], bei denen ein Uhrwerk den Einfluss der Erdrotation aufhebt.

---

[1]) Hartnack in Potsdam liefert vortreffliche Heliostaten von einfacher Konstruktion zum Preise von 180 M.

Zeiss [1] empfiehlt, den mikrophotographischen Apparat derart aufzustellen, dass seine optische Achse mit dem vom Heliostaten horizontal in das Zimmer geleiteten Strahlenbündel einen rechten Winkel bildet. Man muss dann, um die Beleuchtung des Objekts herbeizuführen, noch einen Spiegel auf dem das Mikroskop-Stativ tragenden Tisch anbringen, welcher die vom Heliostaten ausgehenden Strahlen auffängt und in die optische Achse des Apparats leitet. Die Einschaltung dieses Spiegels hat gegenüber der direkten Beleuchtung durch den Heliostaten den Vortheil, dass die kleinen Fehler, welche im Gange des Heliostaten selbst bei bester Aufstellung desselben vorkommen, sich während der mikroskopischen Beobachtung vom Apparate aus leicht ausgleichen lassen.

Da es nicht Jedermanns Sache ist, für mikrophotographische Arbeiten einen theuren Heliostaten anzuschaffen, so muss man Vorkehrungen treffen, um auch ohne einen solchen auszukommen. Hierzu verwendet man am Besten einen nicht zu kleinen Toilettenspiegel, der sich auf einem Gestell leicht nach allen Seiten hin drehen lässt. Nun wird zwischen Spiegel und Objekttisch, letzterem parallel und in einer Entfernung von etwa 30 cm von demselben, ein mit Fünfmarkstück grosser Oeffnung versehener weisser Pappschirm aufgestellt. Ein Theil des Lichtes fällt durch diese Oeffnung auf das Präparat, ein anderer wird von dem Schirm aufgefangen und erzeugt auf diesem einen an Grösse und Gestalt dem verwendeten Spiegel ähnlichen hellen Lichtfleck. Die Umrisse dieses Lichtflecks umzieht man mit einem Tintenstrich. Während des Einstellens und der mikrophotographischen Aufnahme richtet ein Gehilfe den Spiegel derart, dass der Lichtfleck stets innerhalb des Tintenstrichs verbleibt. Befestigt man, wie der Astronom sein Fernrohr, den Spiegel auf einem parallaktischen Stativ, so lässt sich mit Hilfe von Schnüren die Richtung des Spiegels ohne Schwierigkeit von jedem Punkte des Aufnahmeraums aus reguliren.

Was die Art der verwendeten Spiegel anbetrifft, so verwerfen viele Autoren die gewöhnlichen, auf der Unterseite amalgamirten Glasspiegel, weil dieselben ausser dem Hauptbilde stets ein viel lichtschwächeres Nebenbild erzeugen, welches durch Brechung der Strahlen an der vorderen Glasseite zu Stande kommt. Doch ist die Schädlichkeit dieses Nebenbildes wegen seiner Lichtschwäche viel geringer, als die Meisten annehmen. Die Vorderfläche des Glases zu versilbern und dadurch das Nebenbild unmöglich zu machen, hat auch seine

[1]) Zeiss, Special-Katalog S. 9.

Schattenseiten, weil der Silberüberzug ungemein leicht verletzt und abgeputzt wird. Will man, um diese Fehler zu vermeiden, das Glas durch hochpolirte Metallspiegel ersetzen, so könnten hierbei nur Silberplatten oder stark versilberte Kupferplatten in Frage kommen, da die anderen Metalle und Legirungen ein grünliches, gelbliches oder röthliches Licht geben.

Vor vier Jahrzehnten, als die verhältnismässig unempfindlichen Platten sehr intensives Licht erheischten, wurde direktes Sonnenlicht fast ausschliesslich zu mikrophotographischen Arbeiten verwendet. Bald jedoch kam dasselbe in Misskredit, einerseits wegen der im Vorhergehenden namhaft gemachten Mängel, andererseits aus dem Grunde, weil alle mit demselben gefertigten Photogramme starke Diffraktionssäume aufwiesen. Letzteres hat, wie wir im folgenden Abschnitte sehen werden, seinen Grund in dem geringen Oeffnungswinkel ($^1/_2{}^0$), mit dem die Strahlen auf das Präparat fallen. Da wir heutigen Tags im Stande sind, diesen Fehler zu beseitigen, so spricht derselbe nicht mehr gegen die Verwendbarkeit des direkten Sonnenlichts. Ganz anders steht es mit den in unseren Breiten vorhandenen meteorologischen Verhältnissen. Abgesehen davon, dass in den Wintermonaten der tiefe Stand der Sonne die Vortheile des direkten Sonnenlichts wesentlich mindert, können wir nur im Hochsommer, und auch dann nicht immer, auf stundenlange Verfügbarkeit des Sonnenlichts rechnen. Nichts ist verdriesslicher, als wenn man im Schweisse seines Angesichts Alles mit grösster Sorgfalt für die Aufnahme vorbereitet hat und dann erleben muss, dass im Momente der Exposition sich Wolken vorlegen, die vielleicht auf Tage nicht wieder weichen. Es sind daher gegenwärtig auch fast alle Mikrophotographen darin einig, dass direktes Sonnenlicht eine schöne Sache ist, wenn man dasselbe hat, dass es jedoch unbedingt nöthig nur dann wird, wenn man Photogramme der am schwierigsten zu lösenden Diatomeen (z. B. von Amphipleura pellucida) fertigen will. Bei allen übrigen Präparaten kommt man mit künstlichem Licht vollkommen aus. Wenn in jüngster Zeit ein Autor wiederum für alle irgendwie stärkeren Vergrösserungen alleinige Verwendung des Sonnenlichts fordert, so heisst das, den Mikrophotographen auf sechs Monate zur Unthätigkeit verdammen und ihm für die übrigen sechs Monate das Arbeiten gründlich verleiden.

Nicht entfernt die Bedeutung wie direktes Sonnenlicht hat für den Mikrophotographen das Licht des wolkenlosen, blauen Himmels, oder das von weissen Wolken und von einer hellen Wand reflektirte Licht. Die Wirksamkeit desselben ist eine so geringfügige, dass es sich nur

für schwache Vergrösserungen verwenden lässt, bei denen man mit künstlichem Licht ebenso weit kommt. Das diffuse Tageslicht wurde schon in frühen Perioden von verschiedenen Mikrophotographen verwendet. Reichardt und Stürenburg[1] begehen die Abgeschmacktheit, sich den Ruhm für Einführung desselben in die Mikrophotographie zuzuschreiben.

3. Die künstlichen Lichtquellen.

Die für die Mikrophotographie verwendbaren künstlichen Lichtquellen lassen sich folgendermassen eintheilen:

1. Licht erzeugt durch Elektricität.
   a. Bogenlicht
   b. Glühlicht.
2. Licht erzeugt durch Verbrennen von Metallen in atmosphärischer Luft oder im Sauerstoffstrom.
3. Licht erzeugt durch Verbrennen kohlenstoffreicher (fester — flüssiger — gasförmiger) Substanzen.
4. Licht erzeugt durch Weissgluth bestimmter Metalle und Erden.

Das elektrische Bogenlicht steht in Folge seines Reichthums an kurzwelligen Strahlen und seiner grossen Helligkeit dem Sonnenlichte am nächsten. Die besonders zahlreich vorhandenen ultravioletten Strahlen müssen, wofern man nicht beabsichtigt, sie speciell zur Bilderzeugung zu benutzen, behufs Vermeidung von Fokusdifferenz durch ein passendes Filter ausgemerzt werden. Die in neuster Zeit sehr vervollkommneten Lampen liefern zwar ein bei Weitem gleichmässigeres Licht, als die alten Konstruktionen, doch ist auch bei ihnen nicht ausgeschlossen, dass die Helligkeit plötzlich für Sekunden erheblich nachlässt und das bläuliche Licht wohl gar durch ein röthliches ersetzt wird. Die völlig mangelnde Ruhe des Bogenlichts thut der Brauchbarkeit desselben leider den grössten Abbruch. Das immerwährende Hin- und Herschwanken, das Springen und Sprühen der Funken bewirkt, dass es sich mit Vortheil für die Mikrophotographie nur nach Einschalten einer matten Scheibe zwischen Lichtquelle und Objekt ver-

[1]) Reichardt u. Stürenburg a. a. O. S. 25.

wenden lässt. Hierdurch geht jedoch ein erheblicher Theil der Helligkeit verloren.

Donné und Foucault bedienten sich desselben schon in den vierziger Jahren dieses Jahrhunderts zu mikrophotographischen Arbeiten. Zur Erzeugung der nothwendigen Elektricität waren 40 bis 50 grosse Bunsen-Elemente erforderlich; der von Foucault angegebene photoelektrische Regulator sorgt dafür, dass die beiden Kohlenspitzen, zwischen denen der Funke überspringt, in gleichmässiger Entfernung von einander gehalten werden. Moitessier [1] gebrauchte die von Duboscq konstruirte Lampe, welche aus einem Messinggehäuse besteht, in dessen Mitte sich die vom Regulator gehaltenen Kohlenspitzen befinden; ein an der Rückwand befestigter, metallner Hohlspiegel reflektirt die Strahlen auf die an entgegengesetzter Wand angebrachte Sammellinse von kurzer Brennweite, welche das Licht zu einem Bündel paralleler Strahlen sammelt.

Die Erfindung der elektrischen Dynamo-Maschinen brachte in der Verwendung des Bogenlichts gewaltige Umwälzungen hervor, da die Kosten der Elektricitätserzeugung sich ungemein verringerten. Gleichzeitig erfuhren die Lampen wesentliche Verbesserungen. In Anlehnung an diese Fortschritte konstruirte Zeiss [2] in neuster Zeit passende Vorrichtungen für die Verwendung des elektrischen Bogenlichts. Zeiss empfiehlt ihres exakten Brennens und ihrer zierlichen Form wegen die von der Firma Siemens gelieferte Hefner-Alteneck'sche Kontaktlampe. Um den Lichtbogen genau an derselben Stelle zu halten, lässt sich die ganze Lampe durch eine Schraube in der Höhe verstellen. Da die positive Kohlenspitze ungleich intensiver und in grösserer Ausdehnung glüht, als die negative, so richtet man die Stellung der Kohlen derart, dass sie nicht wie beim gewöhnlichen Gebrauche der Lampe senkrecht über einander, sondern schief zu einander stehen. Dadurch wird der glühende Theil der positiven Spitze voll dem Mikroskop zugekehrt, während die negative Spitze ihren glühenden Abschnitt nach der entgegengesetzten Richtung wendet. Wegen der Unruhe des Lichtbogens empfiehlt Zeiss die ausschliessliche Verwendung der indirekten Beleuchtung mit Hilfe einer matten Scheibe. Um möglichst wenig Licht zu verlieren wird die Beleuchtung dadurch bewerkstelligt, dass man mittelst eines entsprechenden Kondensorlinsensystems das Bild der glühenden Kohlenspitze auf der Scheibe entwirft. Der dem Licht-

[1]) Moitessier a. a. O. S. 92.

[2]) Zeiss, Special-Katalog S. 26.

bogen zugekehrte Theil des Kondensorsystems, welcher die Sammlung der Lichtstrahlen in ein Bündel paralleler Strahlen bewirkt, wendet zur Verminderung der sphärischen Abweichung der Lampe eine konkave Fläche zu; der dem Mikroskop zugekehrte Theil, welcher die parallelen Strahlen wieder zu einem Bilde vereinigt, ist in einer Schiebehülse beweglich gefasst, was die Verrückung des Bildchens in der optischen Achse innerhalb ziemlich weiter Grenzen gestattet. Bei richtiger Einstellung erscheint das Bild der positiven Kohlenspitze in der Mitte der in einiger Entfernung vom Mikroskop stehenden matten Scheibe scharf als ovaler heller Fleck, welcher sich durch Herausziehen der zweiten Linse beliebig vergrössern lässt.

Zur Absorption der Wärmestrahlen stellt Zeiss zwischen Sammellinsen und matter Scheibe eine mit Spiegelglaswänden versehene, mit destillirtem Wasser gefüllte Kühlkammer auf. Um die allzu grelle Hitze und etwa absprühende Funken von der ersten Sammellinse abzuhalten, bedeckt man letztere mit einem entsprechend gefassten Mikafenster.

Bei seinem grossen mikrophotographischen Apparate (Figur 17) traf Zeiss Vorkehrungen, dass die elektrische Lampe sowohl, wie Kondensorsystem, Kühlhammer, matte Scheibe, Blenden u. s. w. auf der am Mikroskopirtische befindlichen optischen Bank befestigt und mit Leichtigkeit in jede gewünschte Lage gebracht werden können.

Das elektrische Glühlicht. Dasselbe wird bekanntlich dadurch erzeugt, dass man sehr feine, besonders präparirte Kohlefäden durch den elektrischen Strom in Weissgluth versetzt. Da die Kohle, wenn dies Glühen in athmosphärischer Luft vor sich ginge, sofort zu Kohlensäure verbrennen würde, so muss der kugel- oder birnenförmige Behälter des Fädchens vollkommen luftleer sein. van Heurck war der Erste, welcher dies Licht für die Mikrophotographie in Anwendung brachte[1]. Stearn[2] führte besonders für das Mikroskop konstruirte kleine Glühlämpchen ein und befestigte — aus keineswegs zwingenden Gründen — die dazu gehörigen Apparate am Mikroskopstativ. Stein[3] lehnte sich in seinen Publikationen über denselben Gegenstand eng

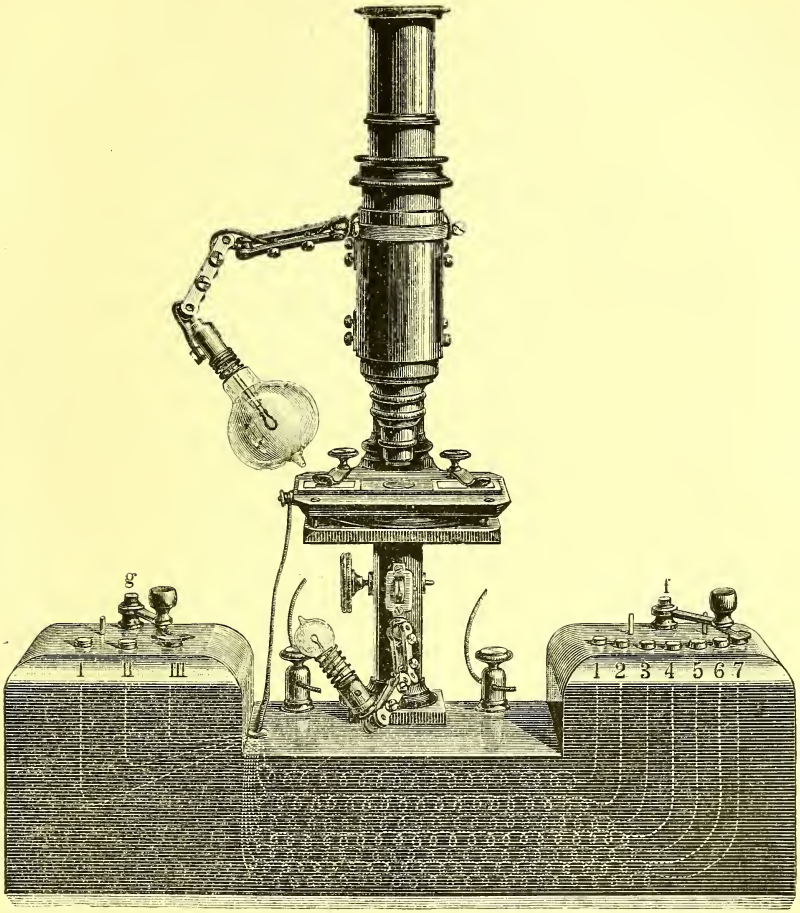
---

[1]) Bull. de la Soc. Belge de Microsc. 1882 p. 59. — Journal de Micrographie 1883 p. 244. — Synopsis des Diatomées de Belgique p. 219. 1885.

[2]) Stearn, On the use of incandescence lamps as accessories to the Microscope (Journ. R. Microscop. Soc. Ser. II, vol. III, p. 29).

[3]) Zeitschrift des elektrotechnischen Vereins zu Wien 1883, Heft 7, Oktober. — Elektrotechnische Rundschau 1883, Decbr. — Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie Band I, 1884, S. 161.

an die Arbeiten Stearn's an. In Figur 28 ist die Anordnung dargestellt, wie sie Stein in der ‚Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie' abbildet. Das kleine Glühlämpchen zur Beleuchtung im durchfallenden Lichte ist direkt unter dem Objekttisch an Stelle des Spiegels

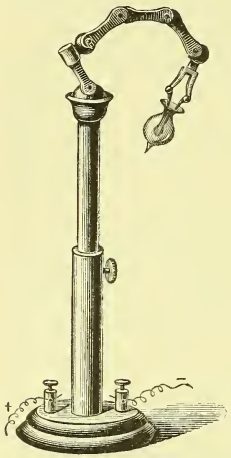


28.

befestigt. Die im Fuss des Mikroskops verlaufenden, spiralig gewundenen Drähte dienen zur Regulirung der elektrischen Stromstärke, indem die in den Spiralen enthaltenen Widerstände einen Theil der Elektricität in Wärme umwandeln. Durch Drehen an der Kurbel *f* hat man es in der Hand, den Widerstand zu vermehren oder zu ver-

ringern und dadurch die Helligkeit beliebig abzustufen. Das bei *g* abgebildete Kurbelsystem hat nur den Zweck, den Strom umzuschalten und durch die oberhalb oder unterhalb des Objekttisches befindliche Lampe zu leiten.

Die feste Verbindung dieser Vorrichtungen mit dem Mikroskopstativ bringt in der Praxis nicht die mindesten Vortheile. Sie vertheuert nur die Anschaffung derartiger Apparate. Ein kleines, auf verstellbarem Stativ, an beweglichem Arm befindliches Glühlämpchen, wie dasselbe in Figur 29 dargestellt ist, genügt allen Anforderungen. Die im alltäglichen Leben zu Erleuchtungszwecken benutzten Glühlampen mit langem Kohlefaden sind für den Mikroskopiker unpraktisch, da es für unsere Zwecke nicht auf die absolute Lichtmenge, sondern nur auf die Helligkeit eines sehr kleinen Abschnittes des glühenden Fadens ankommt. Wir haben daher nur kleine Lampen mit kurzem Faden nöthig, welche gleichzeitig den Vortheil gewähren, dass eine viel geringere Elektricitätsmenge ausreicht, um hellste Weissgluth zu erzeugen.



29.

Als Quelle der Elektricität können verwendet werden Dynamomaschinen, Akkumulatoren und galvanische Elemente. Da man letztere stets leicht zur Hand hat und für die kleinen Lampen eine hohe Spannung nicht erforderlich ist, so giebt man den Elementen allgemein den Vorzug.

Sehr geeignet zur Erzeugung der Elektricität ist eine Bunsen'sche Tauchbatterie. van Heurck[1] empfiehlt die von Radiguet in Paris verbesserten Poggendorff'schen Elemente, von denen drei bis sechs zur Speisung einer kleinen, nach den Angaben des Dr. Engelmann in Utrecht gefertigten Lampe ausreichen. An letzterer ist ein Rheostat angebracht, welcher die Stromstärke mit mathematischer Genauigkeit zu reguliren gestattet.

Vorzüge des Glühlichts sind gleichmässige Helligkeit und unübertreffliche Ruhe. Das so oft gerühmte Fehlen der Wärmentwickelung, welches gestatten soll, die Glühlampe dem Objekte mehr zu nähern, als irgend eine andere Lichtquelle, ist eine jener Fabeln, die

[1]) Bull. Soc. de Belge de Microsc. t. XIV. 1889. p. 24.

einmal in die Welt gesetzt, unausrottbar sind. Die Glaskugel, sowie die bei gewöhnlichen Glühlampen in der Regel vorhandene Milchglas-Glocke erhitzten sich kaum weniger, als Cylinder und Glocke einer Petroleumlampe. Es müssten sonderbare Präparate und Mikroskope sein, welche bei der in Figur 28 dargestellten Anordnung durch die Hitze nicht stark leiden sollten.

Je nach der Stromstärke giebt dieselbe Lampe ein Licht von grösserem oder geringerem Gehalte an kurzwelligen Strahlen. Bei relativ grossen Stromstärken und sehr intensivem Glühen wird jedoch der Faden leicht zerstört. Nach den Untersuchungen von Flesch[1] und O. E. Meyer[2] bestehen im Blau und Violett keine wesentlichen Unterschiede zwischen Gaslicht und elektrischem Glühlicht.

Unter den Lichtarten, welche erzeugt werden durch Verbrennen von Metallen, nimmt das Magnesiumlicht die vornehmste Stelle ein. Dasselbe ist sehr reich an kurzwelligen — auch ultravioletten — Strahlen und besitzt eine ganz ungewöhnliche Intensität. Leider lässt die gleichmässige Helligkeit und besonders die Ruhe ausserordentlich viel zu wünschen übrig. Man verwendet das Magnesium in besonderen Lampen folgendermassen: Draht oder schmales, aufgerolltes Band dieses Metalls wird mit Hilfe eines Uhrwerks gleichmässig schnell durch eine kurze, enge Röhre vorgeschoben. Am vorderen Ende dieser Röhre findet die Verbrennung statt. In der Regel ist die Anordnung eine derartige, dass die Flamme im Brennpunkte eines Hohlspiegels sich befindet. Da der bei der Verbrennung sich entwickelnde weisse Rauch auf den Gläsern einen schwer zu entfernenden Niederschlag erzeugen würde, so trägt man dafür Sorge, denselben durch ein mit dem Schornstein in Verbindung gebrachtes Rohr in's Freie zu leiten.

Um die unausgesetzten Bewegungen der Flamme unschädlich zu machen, bringt Prof. Fritsch[3] 3 bis 4 cm vor derselben eine durch eine Blende von 1,5 cm Durchmesser begrenzte matte Scheibe an. Die Ungleichheiten in der Helligkeit der Flamme, welche die richtige Wahl der Expositionszeit ungemein erschweren, lassen sich freilich auch hierdurch nicht beseitigen.

Nach Moitessier[4] wird die Intensität des Magnesiumlichts noch wesentlich erhöht, wenn man statt des einfachen Magnesiumdrahts eine

[1]) Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie Band I. 1884, S. 175.
[2]) Centralblatt f. Elektrotechnik Band V, Nr. 21 S. 457.
[3]) Nach einer persönlichen Mittheilung.
[4]) Moitessier, a. a. O. S. 94.

aus zwei dünneren Magnesiumdrähten und einem Zinkdraht geflochtene Schnur verbrennt.

Früher stand der allgemeinen Verwendung des Magnesiums der hohe Preis des Metalls im Wege. Durch die vervollkommneten Methoden der Gewinnung ging jedoch der Preis wesentlich herunter, sodass das Kilo Band oder Draht gegenwärtig etwa 50 M. kostet[1]. Vermeidet man unnöthig langes Brennen der Flammen, so stellen sich die Kosten jeder Aufnahme nur auf einige Pfennige. Während des Einstellens kann man die matte Scheibe durch Petroleum- oder Gaslicht erhellen. Ohne matte Scheibe ist ein Wechsel der Lichtquelle beim Einstellen und Exponiren nicht zulässig, da eine auch nur geringfügige Veränderung des Ortes der Lichtquelle ein Misslingen der Aufnahme zur Folge haben würde.

Beim Wechseln der Lichtquelle kann leicht Unschärfe des Bildes dadurch herbeigeführt werden, dass die während des Einstellens vorwiegend vorhandenen gelben Strahlen der Petroleum- oder Gasflamme einen anderen Fokus haben, als die blauen und violetten Strahlen des Magnesiumlichts.

Bei Anwendung von Magnesiumlicht empfiehlt es sich, mit dunkelblauen Lichtfiltern zu arbeiten und vor allen Dingen die ultravioletten Strahlen auszuschliessen. Wegen des relativen Mangels an gelben und grünen Strahlen wird man die dem rothen Ende des Spektrums nahe gelegenen Abschnitte zur Beleuchtung füglich nicht verwenden.

Das Magnesium ist auch in fein pulverisirtem Zustande für Beleuchtungszwecke brauchbar; nur muss dasselbe in eigens hierfür konstruirten Lampen abgebrannt werden. Es kommt darauf an, das feine Pulver durch eine Gas- oder Spiritusflamme hindurchzupusten, damit dasselbe, während es die Flamme passirt, verbrennt. Eine sehr vollkommene Vorrichtung ersann James[2]: Er schüttet das Magnesiumpulver in einen kleinen, unten in einen Konus endenden Cylinder, welcher oben mit einem Rohr in Verbindung steht, in das man zum Zwecke des Blitzens hineinbläst. Durch den Luftdruck wird das Pulver vermittelst eines aufwärts gebogenen Rohrs in die Mitte eines Argandbrenners geführt, wo es zur Verbrennung gelangt. In der Folgezeit wurde eine Reihe ganz ähnlicher Konstruktionen angegeben — beispielsweise von Prof. C. Schirm, — bei denen das Magnesiumpulver, während es durch die Flamme hindurchstreicht, in mehr oder minder

---

[1]) Preisverzeichnis der chem. Fabrik von Riedel in Berlin, Gericht-Str. 12.

[2]) British Journal of Photography Febr. 1888.

vollkommener Weise verbrennt. Um die Verbrennung zu einer möglichst vollständigen zu machen, ersann Dr. Miethe [1] eine zweckmässige Abänderung: Der Bunsen-Brenner, welcher auch durch eine Spirituslampe ersetzt werden kann, trägt zwei in passender Höhe anzuklemmende Hülsen. Die obere derselben steht mit einem knieförmigen Rohr in Verbindung, das einerseits bis an den unteren Flammensaum reicht, andererseits in einem kleinen verschliessbaren, das Magnesiumpulver aufnehmenden Metallgefäss endet. Dies Gefäss ist durch eine rohrartige Verlängerung, über welche der Gummischlauch gezogen wird, mit einer Druckbirne aus Gummi verbunden. Die untere, dem Brenner aufsitzende Hülse trägt ein kreisförmiges Kupferblech, welches, unter 45 ^{0} geneigt, senkrecht über der Oeffnung des Brenners sich befindet.

Die Flamme schlägt gegen das Kupferblech und wird durch dies Hindernis gezwungen, sich in Form eines Fächers seitlich stark auszubreiten. Bläst man durch kurzen Druck auf die Birne das in dem Metallgefäss vorhandene Magnesiumpulver in die Lampenflamme, so wird dasselbe vollständig verbrannt und erzeugt in einem kleinen Bruchtheil der Sekunde ein äusserst intensives Licht.

Eine andere Methode der Verbrennung von Magnesiumpulver besteht darin, dass man nach dem Vorgehen von Gaedicke und Miethe das Metall mit einem Sauerstoff abgebenden Körper, z. B. mit chlorsaurem Kali, vermischt und dann mit einer Lunte anzündet. Das hierbei entstehende Blitzlicht entwickelt jedoch weit mehr Rauch, als das Pustlicht; auch ist der Magnesium-Verbrauch ein bedeutenderer.

Bei allen Aufnahmen mit Magnesium-Blitzlicht muss natürlich mit einer konstanten Lichtquelle eingestellt werden. Das Einfachste wäre, man benutzte eine Gasflamme zum Einstellen, und bliese dann das Pulver durch dieselbe Flamme. Da jedoch leuchtende Flammen wegen der geringeren Wärmeentwicklung sich zum Verbrennen des Magnesiums weniger eignen als beispielsweise die nicht leuchtende Flamme eines Bunsen-Brenners, so thut man gut, zum Einstellen und Exponiren zwei gesonderte Lampen zu verwenden, oder eine solche Gaslampe, bei der sich die nicht leuchtende Flamme leicht in eine leuchtende umwandeln lässt. Damit nun, was zum Erzielen brauchbarer Bilder durchaus erforderlich ist, die Lichtquelle sich beim Einstellen genau an derselben Stelle befindet, wie beim Exponiren, so erweist sich folgende Anordnung als nothwendig: Man befestigt in der optischen

[1]) Photographisches Wochenblatt (Berlin) 1889, Nr. 48 S. 381.

Achse des Mikroskops, 20 cm vom Objekttisch entfernt, eine etwa einen Centimeter im Durchmesser messende Blende. Unmittelbar hinter derselben steht während des Einstellens eine Gas- oder Petroleumflamme, welche zum Zwecke der Exposition mit der, das Magnesium-Blitzpulver von Gaedicke und Miethe enthaltenden Schale oder mit der Pustlichtflamme vertauscht wird [1].

Die an jede für die Mikrophotographie geeignete Lichtquelle zu stellende Forderung der Ruhe ist bei allen Arten des Blitzlichts durchaus unerfüllt. Ob die Blende, hinter welcher der Blitz aufleuchtet gross oder klein ist, stets wird Anfangs nur ein Segment der Blendenöffnung erhellt sein. Der Flammensaum rückt, wenn auch ausserordentlich schnell, vorwärts; einen Augenblick ist die ganze Blendenöffnung von Licht erfüllt; darauf verdunkelt sich dieselbe wieder in unregelmässiger Weise. Erfahrungsgemäss erzielt man hierbei keine scharfen Photogramme, da mit dem Wandern der Flamme auch das Bild auf der Visirscheibe wandert. Abhilfe bringt nur die matte Scheibe, welche unmittelbar hinter der Blende aufzustellen ist; sie wird durch den Blitz in ihrer ganzen Ausdehnung gleichzeitig erhellt.

Reicht die Intensität eines einzigen Lichtblitzes für ein kräftiges, kontrastreiches Negativ nicht aus, so kann man die matte Scheibe ohne Schaden mehrmals hinter einander durch Blitze erleuchten. Eine mehrere Sekunden oder gar Minuten ununterbrochen leuchtende Magnesium-Pustflamme liess sich bisher noch nicht erzeugen. Der Magnesium-Verbrauch wäre hierbei ein unverhältnismässig grosser.

Newcomb [2] empfiehlt für orthochromatische (Erythrosin-) Platten ein intensiv gelbes Magnesium-Blitzlicht, welches er folgendermassen herstellt: 1 Theil Magnesiumpulver wird mit 5 bis 7 Theilen reinen salpetersauren Natrons vorsichtig mit Holzspatel vermischt und unter Anwendung eines Zünders entzündet.

In neuster Zeit wurden Magnesiumpulver-Talgkerzen in Vorschlag gebracht, um die Verbrennung des Magnesiums zu verlangsamen. Folgende Mischung giebt ein äusserst intensives, mehrere Sekunden andauerndes Licht [3]:

---

[1]) Wer wie Stenglein (Centralbl. für Bakteriologie und Parisitenkunde Bd. III, 1888, Nr. 21) ohne eine solche Blende arbeitet, überlässt es einfach dem Zufall, ob die Strahlen beim Einstellen und Exponiren von demselben Punkte ausgehen oder nicht.

[2]) Photogr. Times vol. XIX p. 247.

[3]) Wilson's Photogr. Magazin 1889 p. 604.

20 Theile Magnesiumpulver
31 „ Bariumnitrat
4 „ Schwefelblume
7 „ Talg.

Die Rauchentwicklung ist dabei eine starke; auch kann man das Licht ohne matte Scheibe nicht verwenden.

Als in früheren Jahren der Preis des Magnesiums noch ein beinahe unerschwinglich hoher war, versuchte man durch Verbrennen anderer Metalle ein photograpisch wirksames Licht zu erzeugen. Hierfür geeignet sind in Sauerstoff verbrennende Zinkspähne. Jetzt giebt man dem Magnesium auf jeden Fall den Vorzug.

Aluminium, zu Blättchen nach Art des Blattgoldes geschlagen, liefert, in Sauerstoff verbrannt, vielleicht das intensivste photographische Licht. Die dafür nöthige Menge Metall ist völlig unwesentlich, der entstehende Qualm sehr gering [1].

Wir kommen nunmehr zur Besprechnung der Lichtarten, die erzeugt werden durch Verbrennen kohlenstoffreicher Substanzen. Die festen derartigen Körper, wie Kohle, Wachs- und Stearinkerzen kommen nicht in Betracht, da man mit den flüssigen und gasförmigen ein brauchbareres Licht erzielt.

Unter den flüssigen Kohlenstoff-Verbindungen nimmt das Petroleum den ersten Platz ein. Das Licht desselben ist ein überaus ruhiges und gleichmässiges. Zwar zeigen die verschiedenen Abschnitte der Flamme verschiedene Helligkeit, doch bedeutet dies Nichts, da immer nur ein kleiner Abschnitt zur Wirksamkeit gelangt. Bei Aufstellung der Lampe hat man darauf zu achten, dass der hellste Theil der Flamme ausgenutzt wird. Bei der Wahl der Lampe lasse man sich weniger durch die absolute, von derselben gelieferte Lichtmenge bestimmen, als durch das Vorhandensein eines, wenn auch nur kleinen, recht weissen Abschnittes. Die Frage, ob Rundbrenner oder Flachbrenner ist nicht ohne Weiteres zu beantworten, da beide Konstruktionen ein weisses Licht geben können. In der Regel zeichnen sich die Flachbrenner allerdings durch ein für die Photographie ungeeignetes gelbes Licht aus. Doch auch mancher Rundbrenner lässt in diesem Punkte viel zu wünschen übrig. In nicht wenigen Fällen kann man die Farbe der Flamme durch geringe Veränderungen in der Stellung des Cylinders wesentlich verbessern. Bei Rundbrennern kommt es hierbei vor wiegend auf die Lage der Einschnürung des Cylinders an.

---

[1]) Photogr. News 1889 p. 344.

Jeder aufmerksame Beobachter bemerkt, dass eine Lampe, welche ursprünglich ein recht weisses Licht lieferte, nach einiger Zeit mehr gelblich brennt. Das hat seinen Grund in der Beschaffenheit des Dochtes: Ist letzterer durch Ablagerung von Kalk und anderen erdigen Bestandtheilen hart geworden, so saugt er das Petroleum nur unvollkommen auf und muss durch einen neuen Docht ersetzt werden.

Dass die Helligkeit der Flamme auch durch die Beschaffenheit des Cylinders wesentlich beeinflusst wird, darf als selbstverständlich gelten. Reichlich mit Luftblasen durchsetzte Cylinder sind zu verwerfen. Besonders wichtig ist ein sauberes Putzen des Glases.

Auch das beste Petroleumlicht ist, wie alle Lichtquellen dieser Gruppe, verhältnissmässig arm an kurzwelligen Strahlen; man thut daher gut, gelbempfindliche Platten zur Aufnahme zu verwenden. Der Reichthum an blauen und violetten Strahlen liesse sich durch Vorwärmen der zur Verbrennung gelangenden Luft — wie dies bei Leuchtgas häufig geschieht — wesentlich erhöhen. Neukonstruktionen dieser Art würden den Dank aller Mikrophotographen in weit höherem Grade erwerben, als die allerwärts auftauchenden neuen mikrophotographischen Apparate.

Bei dem früher allgemein üblichen nassen Verfahren stand der Verwendung des Petroleumlichts die Unempfindlichkeit der Platten und das Trocknen derselben bei langen Belichtungen hinderlich im Wege. Seit Einführung der hochempfindlichen Trockenplatten sind derartige Schwierigkeiten überwunden.

In der Billigkeit und Leichtigkeit seiner Anwendung ist das Petroleumlicht bisher von keiner anderen künstlichen Lichtquelle übertroffen; die mangelnde Intensität lässt sich durch längere Belichtungszeiten ausgleichen. Verfasser bedient sich bei mikrophotographischen Arbeiten beinahe ausschliesslich des Petroleumlichts, auch wenn es auf tausendfache Linearvergrösserung ankommt. Nur wenn es sich um Auflösung feinster Zeichnungen auf den Kieselschalen der Diatomeen handelt, wird wegen des grösseren Reichthums an kurzwelligen Strahlen zum Sonnenlichte gegriffen. Doch gelingt auch die Auflösung der Querstreifung von Amphipleura pellucida mit Petroleumlicht in vollkommener Weise. Von den diesem Buche beigegebenen Probebildern wurde die bakteriologische und die histiologische Aufnahme mit Petroleumlicht gefertigt.

Die übrigen zu Erleuchtungszwecken verwendeten flüssigen Kohlenstoffe, wie Brennöl und dergl., bieten dem Petroleum gegenüber keine Vortheile.

Unter den gasförmigen Kohlenstoff-Verbindungen spielt das Leuchtgas die Hauptrolle. Bemerkenswerthe Unterschiede bestehen nicht zwischen der Gasflamme und dem Petroleumlichte. Die Helligkeit der ersteren ist eine sehr verschiedene, je nach der Konstruktion des verwendeten Brenners. Die in neuerer Zeit vielfach in Anwendung kommenden Brenner mit Vorwärmung der zur Verbrennung bestimmten Luft — die sogen. Regenerativbrenner nach Siemens, Wenham u. A. — liefern ein ausserordentlich intensives, weisses Licht. Doch brennt Leuchtgas meist nicht so gleichmässig ruhig, wie Petroleum; auch muss die Flamme wegen der hochgradigen Wärmestrahlung in gemessener Entfernung vom Mikroskop aufgestellt werden.

Unter den Lichtarten, die erzeugt werden durch Weissgluth verschiedener Erden und Metalle, ist in erster Linie das Drummond'sche Kalklicht zu nennen, das Licht, welches ein im Wasserstoff-Sauerstoff-Gebläse aufgestellter Kalkcylinder giebt. Dasselbe wurde neben dem elektrischen Licht schon von Donné und Foucault vor etwa 45 Jahren zu mikrophotogrephischen Arbeiten verwendet. Die Ruhe der Lichtquelle ist eine befriedigende. Damit die Helligkeit eine gleichmässige bleibt, muss der Kalkcylinder in langsam rotirende Bewegung versetzt werden; sobald nämlich die sehr heisse Flamme einige Zeit auf dieselbe Stelle eingewirkt hat, lässt in Folge von Zusammensintern des Kalkes die Helligkeit erheblich nach.

Während das Kalklicht dem Auge ausserordentlich hell erscheint, ist dasselbe in Folge Ueberwiegens der rothen und gelben Strahlen für die photographische Platte nur von untergeordneter Bedeutung[1].

---

[1]) Jeserich, welcher in neuerer Zeit das Kalklicht warm empfiehlt, sagt in seiner ‚Mikrophotographie' auf Seite 26: „Das Kalklicht giebt bei übrigens gleicher Anordnung des Versuchs, d. h. bei Anwendung derselben Platten etc., ein derartig starkes Licht, dass die Expositionszeit gegenüber der mit den besten Petroleumlampen erzielten auf ca. die 500—700 mal geringere Zeit und noch weniger herabgemindert wird". Die beiden Aufnahmen auf Taf. III des Jeserich'schen Buches (Bacillen in 750facher Linearvergrösserung) wurden bei Kalklicht mit 18 Sek. Exposition gefertigt. Jeserich sagt auf Seite 50. dass Bacillenaufnahmen und dergl. bei 750facher Linearvergrösserung mit Petroleumlicht 20 Minuten Exposition erfordern, also doch nur eine 66mal längere Belichtung, als bei Kalklicht. Es besteht daher ein recht auffälliger Widerspruch in diesen beiden Angaben. — Verf. braucht zu denselben Aufnahmen mit keineswegs hoch empfindlichen Sachs-Platten bei Petroleumlicht höchstens 4 Minuten (bei der am Ende dieses Buches befindlichen Aufnahme von Bacillen der asiatischen Cholera in 1000facher Linearvergrösserung wurde mit gewöhnlicher Petroleumlampe 5 Min. exponirt). Demnach würde Kalk-

Daher konnte es sich weder in der Porträtphotographie noch in der Mikrophotographie Heimatsrecht erwerben. Ueberdies ist die Herstellung der für das Licht erforderlichen Gase auch nicht Jedermanns Sache. Zwar lässt sich der Wasserstoff ohne wesentlichen Schaden für die Helligkeit durch Leuchtgas ersetzen; doch bleibt reiner Sauerstoff eine nicht zu umgehende Nothwendigkeit. Nun ist die Erzeugung von Sauerstoff für den Laien nicht nur mühsam, sondern auch gefährlich. Gegenwärtig wird zur Darstellung des Sauerstoffs fast ausschliesslich chlorsaures Kali ($KClO_3$) verwendet, welches bei Erhitzung seinen Sauerstoff in Gasform abgiebt, unter gleichzeitiger Bildung von Chlorkalium. Um hierbei Explosionen zu vermeiden, erhitzt man das Chlorat mit gleichen Theilen Braunstein, welches sowohl ein Zusammenschmelzen des Salzes verhindert, als auch den ganzen Verlauf der Gasentwicklung zu einem gleichmässigeren macht. Das fein gepulverte chlorsaure Kali wird mit kalcinirtem Braunstein innig vermischt und dann vorsichtig gesiebt, wobei jede stärkere Reibung besonders mit Metallen auf's Sorgfältigste zu vermeiden ist. Diese Mischung erhitzt man in kupfernen oder eisernen Retorten von etwa 1 Liter Inhalt; die sich entwickelnden Gase streichen durch eine Waschflasche und werden dann in besonderen Behältern (Gasometern oder Gummisäcken) gesammelt. Aus 1000 g der Mischung lassen sich in etwa anderthalb Stunden 150 Liter Sauerstoff herstellen.

Der Ungeübte mache derartige Versuche anfangs nur unter der Leitung eines erfahrenen Chemikers, da es sonst in Folge von Explosionen leicht arge Verletzungen geben könnte.

Die mit einem Leinewandüberzug versehenen Gummisäcke, welche zum Zwecke der Entleerung mit einem durch Gewichte beschwerten Brett belastet werden, haben zwar den Vorzug guter Transportfähigkeit; doch verderben sie leicht und lassen das Gas nicht so gleichmässig ausströmen, wie die aus Metall hergestellten, mit Wasserdruck arbeitenden Gasometer. In neuerer Zeit wird der Sauerstoff fabrikmässig hergestellt und in komprimirtem Zustande in festen Metallbehältern versendet. Die Verbrauchskosten stellen sich hierbei für die Stunde auf etwa 50 Pfennige.

Wer Leuchtgas, welches 40 bis 50% Wasserstoffgas enthält, nicht zur Verfügung hat, muss sich den Wasserstoff aus Zink und verdünnter (1 : 7) engl. Schwefelsäure in einem Kipp'schen Entwicklungsapparate

---

licht die Expositionszeit gegenüber dem Petroleumlicht nicht auf die 500 bis 700mal, sondern etwa auf die 13mal geringere Zeit herabmindern.

folgendermassen bereiten: Die Säure befindet sich in dem oberen Behälter und gelangt vermittelst eines durch das mittlere, die Zinkstücke enthaltende Gefäss hindurchgehenden Rohrs in den unteren Behälter. Sobald letzterer angefüllt ist, tritt sie durch den Siebboden in das mittlere Gefäss zum Zink und leitet die Entwicklung des Wasserstoffs ein, welcher durch einen seitlich angebrachten Hahn in den Gasometer übergeführt wird. Man muss sich ängstlich davor hüten, in den Apparaten, Leitungen und Behältern, die für Wasserstoff bestimmt sind, athmosphärische Luft zu belassen, da sonst bei der Entzündung gewaltige Explosionen stattfinden. Bevor das entwickelte Gas in den Vorrathsbehältern eintritt, ist dasselbe in einer Waschflasche zu spülen. 1 Kilo Zink liefert mit 2050 g 60procentiger englischer Schwefelsäure 445 Liter Wasserstoff.

Die Verbrennung des Wasserstoffs oder Leuchtgases und des Sauerstoffs erfolgt in besonderen Knallgashähnen, die im Grossen und Ganzen aus einer doppelten, oben sich verjüngenden, und an der Spitze mit feiner Durchbohrung versehenen Röhre bestehen. Der inneren Röhre wird der Sauerstoff vom hinteren Ende her, der äusseren dagegen der Wasserstoff durch ein seitlich angebrachtes Ansatzrohr zugeführt. Beide Gase vereinigen sich erst dicht vor der Spitze.

Das Wasserstoff- oder Leuchtgas lässt sich, wenn auch nur unvollkommen durch eine Spiritusflamme ersetzen. Ein über dem Docht mündendes, der Zuleitung von Sauerstoff dienendes Rohr treibt eine Stichflamme an den Kalkcylinder, wodurch ein recht helles Licht entsteht. Noch besser als reiner Spiritus wirkt die von Children und Collins in London empfohlene alkoholische Lösung von Champhine (Terpentinöl).

Neuerdings suchte man den Wasserstoff zu ersetzen durch Gase flüchtiger, leicht brennbarer Körper, in erster Linie durch Aetherdämpfe[1]. Bei diesem Verfahren hat der Sauerstoffstrom einen ‚Sättiger' zu durchstreichen, in dem er sich mit Aetherdämpfen beladet, um dann dem Brenner gleichzeitig mit reinem Sauerstoff zugeführt zu werden. Die mehrfach mit diesem Gemisch vorgekommenen Explosionen waren überall auf mangelhafte Sättiger zurückzuführen. In letzteren darf nie der Aether als bewegliche Flüssigkeit vorhanden sein; ein poröses Material soll vielmehr die Flüssigkeit aufgesogen enthalten und dieselbe von seiner grossen Fläche aus leicht an den Sauerstoff abgeben.

---

[1]) British Journal of Photography 1889. — Photographische Nachrichten (Berlin) 1890, Nr. 6, 8 u. 9.

Springt bei einem solchen Sättiger die Flamme zurück, so kann kein Aether verspritzt werden.

Das Sauerstoff-Aetherlicht ist bei Brennern gewöhnlicher Grösse, d. h. von 1 bis 1,25 mm Bohrung, dem Sauerstoff-Leuchtgaslicht gleich; bei grösserer Bohrung wirkt es schwächer, wird unruhig und schlägt leicht in die Behälter zurück.

Man versuchte, ob es nicht möglich sei, mit anderen Flüssigkeiten als Aether eine höhere Leuchtkraft zu erreichen. In erster Linie wurde der mit Sauerstoff untermischte Dampf von Benzolin — d. h. der schwerere, vom Benzin abdestillirte Kohlenwasserstoff — geprobt. Auch hierbei sind, um ein Rückschlagen der Flamme und in Folge dessen Explosionen zu vermeiden, dieselben Vorsichtsmassregeln zu üben, wie beim Aether: Man stopft, damit der Sättiger frei bleibt von beweglicher Flüssigkeit, einen Metallkessel mit Wolle voll, füllt Benzolin auf, giesst den Ueberschuss ab und verschliesst den Kessel derart, dass die sich bei der nachfolgenden Erhitzung entwickelnden Dämpfe durch ein Rohr entweichen können. Werden dieselben innig mit Sauerstoff untermischt und dann entzündet, so vermögen sie den Kalkcylinder derart in Weissgluth zu versetzen, dass das hierdurch erzeugte Licht das Leuchtgas-Sauerstoff-Kalklicht an Helligkeit um 50 % übertrifft. Noch bessere Resultate sollen die Dämpfe des kohlenstoffreicheren Benzols ergeben. Bedingung bei diesen Versuchen bleibt, dass der Sauerstoff stark mit dem Kohlenwasserstoff beladen ist. Anderenfalls würden Explosionen eintreten. Man hat daher den Sättiger recht gross zu nehmen, damit er viel Flüssigkeit aufsaugen kann, und muss vor jeder Benutzung neu füllen. Der leuchtende Fleck des Kalkcylinders ist beim Sauerstoff-Benzollicht erheblich kleiner, als bei der Sauerstoff-Wasserstoff-Flamme, dafür aber vier mal heller, als bei letzterer.

Wenn man Leuchtgas dadurch, dass es einen erhitzten Sättiger passirt, mit Benzolin-Dämpfen beladet (karbonisirt), und dann mit Sauerstoff in gewohnter Weise zur Verbrennung bringt, so wird die Leuchtkraft bedeutend erhöht. Der karbonisirte Sauerstoff liefert das hellste Licht, doch ist hierbei der Sauerstoff-Verbrauch auch der grösste.

Die Bestrebungen, den Kalkcylinder durch andere, noch heller leuchtende Körper zu ersetzen, reichen in frühe Zeit zurück. Carlevais [1] brachte Stückchen von Chlormagnesium und kohlensaurer Magnesia in die Wasserstoff-Sauerstoff-Flamme. Roux [2] in Paris verwendet

[1]) Comptes rendus t. LX, 1865, Juni, p. 1253.

[2]) British Journal of Photography 1887, 18. Nov.

ebenfalls Magnesia und verfährt dabei folgendermassen: Pulverförmige Magnesia wird mit Wasser zu einem steifen Brei angerührt, in Glasrohre von 4 mm inneren Durchmesser gepresst, herausgedrückt und in 5 mm lange Stückchen geschnitten, in die man Platindraht hineinsteckt. Dieselben werden dann 3 bis 4 Stunden einer Temperatur von 100° ausgesetzt. Die sehr zerbrechlichen Stückchen bringt man nun einzeln in die zunächst schwache, dann allmählich verstärkte Wasserstoff-Flamme, zu der zuletzt auch der Sauerstoff zugelassen wird. Hierdurch werden sie sehr hart und an der Luft unveränderlich. Ein derartiges Stückchen soll 5 Stunden ununterbrochenen Gebrauches aushalten und ein sehr wirksames Licht liefern. Auch Eder [1] empfielt die Verwendung von Magnesia.

Die früher gebräuchlichen Knallgasbrenner litten an dem Fehler, dass die Verbrennung der Gase schon innerhalb der Düse stattfindet, wodurch die Nutzbarkeit der höchsten Temperatur ausserhalb der Brennerdüse nachtheilig beeinflusst wird. Prof. Linnemann half mit seinem neuen Brenner diesem Mangel in erfolgreichster Weise ab. Bei demselben tritt das Leuchtgas in den hohlen Raum der Düse ein und umkreist einen kleinen, mit kapillaren Durchbohrungen versehenen Cylinder, aus welchem der Sauerstoff unter 15 mal höherem Druck entweicht. Die hierbei gewonnene Flamme zeigt ausserhalb der Düse eine leichte Einschnürung, in welcher die Temperatur die höchste ist. Bringt man nun Magnesia oder einen Kalkcylinder in den heissesten Theil der Flamme, so ist im ersten Augenblick das Licht ein überaus intensives; bald aber schmelzen erbsengrosse Vertiefungen in den Cylinder ein und das Licht verliert erheblich an Werth. Es kam also darauf an, ein Material zu schaffen, welches auch in der höchsten Temperatur unveränderlich bleibt. Man richtete daher sein Augenmerk auf Zirkonerde, doch bereitete deren Festmachung ausserordentliche Schwierigkeiten. Erst nach Jahre langen Versuchen glückte es, Zirkonplättchen völlig dauerhauft herzustellen. Ein solches Plättchen, in Platin gefasst, giebt in den heissesten Punkt der Flamme gebracht ein prachtvoll weisses Licht, dessen Spektrum von *A* bis *H* reicht und durch keinerlei Linien unterbrochen vollständig kontinuirlich ist. Die Zirkonplatten sind nicht vollständig unvergänglich; namentlich blättern sie bei zu schnellem Anheizen von der Oberfläche ab; doch kann man dieselben viele hundert Male gebrauchen, bevor eine so grosse Unebenheit der Oberfläche eintritt, dass ein neues Plättchen nöthig ist.

---

[1]) Photographische Correspondenz 1890, Februar.

Kleinere Risse sind von geringer Bedeutung. Einmal zur optischen Achse des Apparats eingestellt, bleibt der leuchtende Punkt völlig unverändert.

Der Verbrauch an Sauerstoff und Leuchtgas stellt sich nach Linnemann für die Stunde folgendermassen:

Für 60 Kerzen Lichtstärke 24 l Leuchtgas und 15 l Sauerstoff
„ 120 „ „ 37 „ „ „ 26 „ „
„ 200 „ „ 48 „ „ „ 44 „ „

Wenn der Sauerstoff nicht mit gehörigem Ueberdruck austritt, so findet die vorerwähnte Schnürung der Flamme nicht statt. Man muss dann mehr Druck auf die Sauerstoffzuströmung geben und am Besten den zuleitenden Gummischlauch momentan mit der Hand zuhalten. Bei einem plötzlichen Loslassen des Schlauches tritt dann der Sauerstoff mit der nöthigen Heftigkeit aus.

Das Zirkonplättchen bringt man, wie schon bemerkt, in den heissesten Theil der Flamme; sonst würde die Leuchtkraft erheblich leiden.

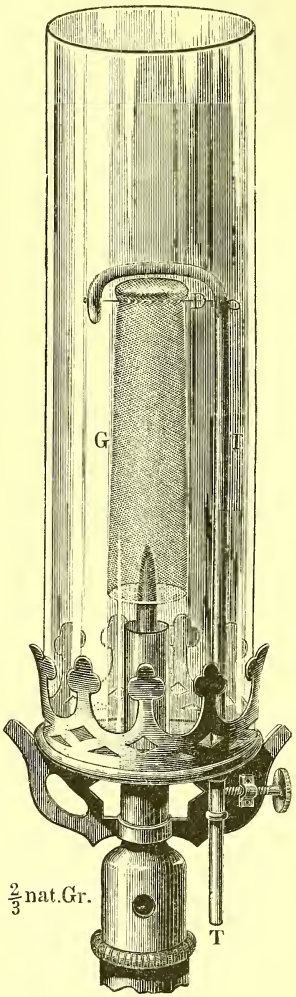
Das Zirkonlicht ist unter allen in diese Klasse gehörenden Lichtarten das vollkommenste. Die Kosten sind freilich keine ganz unbedeutenden. Die Preise stellen sich folgendermassen: 1 kleiner Linnemann'scher Brenner mit 1 Zirkonplättchen 50 Mark. 1 Zirkonplättchen, in Platin gefasst, 10 Mark. Wer den Sauerstoff selbst herstellen will bedarf überdies einer kupfernen Retorte mit Spülflasche und Gummischlauch (Preis 22,50 Mk.) und eines Gasometers (75 Mk.)[1]. Im Allgemeinen dürfte es sich mehr empfehlen, den Sauerstoff im komprimirten Zustande von einer chemischen Fabrik zu beziehen. Durch das auf den vorigen Seiten beschriebene Karbonisiren des Sauerstoffs oder Leuchtgases liesse sich die Intensität des Zirkonlichts gewiss noch wesentlich erhöhen.

Die Versuche, ein für die Mikrophotographie brauchbares Licht durch Weissgluth von Platin zu beschaffen, scheiterten an dem Umstande, dass das Platin schmilzt, sobald es die für Beleuchtungszwecke nothwendige Weissgluth erreicht hat.

Günstige Resultate erhielt man jedoch in neuerer Zeit mit den Verbindungen einiger anderer Metalle, die in einem gewöhnlichen Bunsen-Brenner zur Weissgluth erhitzt, ein wirksames Licht ausstrahlen. Hierher gehört das von Dr. Auer[2] in Wien erfundene Gasglühlicht: Ein vorher zu Asche verbrannter, mit Nitraten von Cer, Didym, Lan-

[1]) Diese Gegenstände werden geliefert von Schmidt & Hänsch in Berlin.
[2]) Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie Bd. IV, 1887, S. 36.

than und Yttrium präparirter Schlauch (*G* in Figur 30) wird mittelst eines Platindrahts *D* an einem in der Höhe verstellbaren Metallstab *T* derart befestigt, dass sich derselbe mitten in der Flamme eines Bunsen-Brenners befindet. Der hierdurch in Weissgluth versetzte Glühkörper strahlt ein äusserst intensives, weisses Licht aus, das bei einem Verbrauch von 75 l Leuchtgas in der Stunde eine Leuchtkraft von 20 Kerzen entwickelt [1]. Gleichmässige Helligkeit und Ruhe des Lichts lassen nichts zu wünschen übrig, auch ist dasselbe reicher an kurzwelligen Strahlen als gewöhnliches Gas oder Petroleumlicht. Die Verwendung dieser Lichtquelle kann daher, wo Leuchtgas zur Verfügung ist, für die Mikrophotographie nur empfohlen werden. Da der Glühkörper aus Asche besteht, so ist derselbe natürlich sehr zerbrechlich und bedarf äusserst vorsichtiger Behandlung. Er soll ein Glühen von mehr als 1000 Stunden aushalten



30.

Um dieses Licht auch dort verwenden zu können, wo sich keine Gasleitungen vorfinden, konstruirte der Mechaniker Fabricius in Wien eine Lampe mit Ligroingas, welche eine heisse farblose Flamme erzeugt, die den Auer'schen Cylinder in hellste Weissgluth versetzt. In einem kleinen, aus festem Metall gefertigten Behälter befindet sich Ligroin, ein flüchtiger und leicht brennbarer Bestandtheil des Petroleums. Dasselbe wird durch einen Asbestdocht in eine dünne, horizontale Metallröhre gesaugt und durch eine kleine Weingeistlampe erhitzt. Die sich entwickelnden Gase treten unter einem gewissen Druck aus, mischen sich, ähnlich wie bei den Bunsen-Brennern, zufolge seitlich angebrachter

[1]) Die Brenner sind zum Preise von 15 M. zu beziehen durch Gebr. Leister in Kassel. Ein einzelner Glühkörper kostet 3 M.

Oeffnungen mit Luft und verbrennen nach dem Entzünden mit blassblauer, sehr heisser Flamme. Ueber dieser wird das Auer'sche Glühnetz nebst Cylinder befestigt. Zum Ausgleich einer zu grossen Gasentwicklung dient ein Sicherheitsventil und Regulator [1]. Das Licht besitzt einen grossen Reichthum an blauen und violetten Strahlen und benöthigt in Folge dessen für gewöhnliche Bromsilber-Emulsion nur den dritten oder fünften Theil der Belichtungszeit, welche mit der Petroleumlampe erforderlich wäre [2].

Nur nebenbei sei noch erwähnt, dass man auch durch Verbrennen einer Reihe anderer, leicht oxydirbarer Körper ein für die Mikrophotographie brauchbares Licht zu erzielen versuchte. Hierher gehört vor allen Dingen der Phosphor, welcher schon vor 30 Jahren von Wenham zu diesem Zwecke verwendet wurde. Auch die zur Erzeugung von blauem bengalischen Licht hergestellten Mischungen blieben nicht unversucht; doch ergaben sich hieraus keine praktischen Resultate, da diese Körper einerseits zu theuer sind, andererseits mit sehr unruhiger, ungleichmässiger Flamme brennen, sodass die Zwischenschaltung einer matten Scheibe, welche viel Licht absorbirt, zur Nothwendigkeit wird.

Hiermit ist die Aufzählung der für die Mikrophotographie verwendbaren Lichtquellen keineswegs erschöpft; doch glauben wir die hauptsächlichsten der in Frage kommenden Punkte erörtert zu haben. Bei den regen Fortschritten der Wissenschaft vergeht kaum ein Monat, der nicht auch auf diesem Felde Neues brächte. Häufig genug handelt es sich allerdings um sehr alte, nur in ein neues Gewand gekleidete Dinge.

Jeder kann den Werth oder Unwerth neu empfohlener Lichtquellen selbst leicht beurtheilen, wenn er dieselben an der Hand der im Obigen aufgestellten Grundsätze gewissenhaft prüft. Ein unruhiges, nicht gleichmässig helles Licht hat von vornherein wenig Anspruch auf Brauchbarkeit, da durch die sich als nothwendig erweisende Einschaltung einer matten Scheibe viel Licht verloren geht und die wechselnde Helligkeit das Bestimmen der richtigen Expositionszeit ungemein erschwert. Bei den Angaben über Intensität und Farbe des Lichts lege man nicht das mindeste Gewicht auf allgemeine Redensarten, sondern halte sich an streng wissenschaftliche Begriffe, wie Kerzenstärke und Spektrum.

Aus dem Vorhergehenden wird Jeder die Ueberzeugung gewonnen haben, dass wir eine ideale künstliche Lichtquelle, welche das Sonnen-

---

[1]) Die Ligroingas-Glühlampen werden geliefert von A. Moll in Wien; Preis 30 fl.

[2]) Eder, Photogr. Correspondenz 1889. — Eder, Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1890, S. 303.

licht auch nur annähernd ersetzt, noch nicht besitzen. Hier eröffnet sich ein dankbares Arbeitsfeld für denjenigen, welcher sich in der Mikrophotographie einen Namen machen will.

Die Frage, welcher Lichtquelle wir uns in Ermangelung von Sonnenlicht bei dem gegenwärtigen Stande der Dinge bedienen sollen, ist nicht ohne Weiteres zu beantworten, denn man muss den jeweiligen Verhältnissen Rechnung tragen. Der Mikrophotograph, welcher mit beschränkten Mitteln arbeitet, ist gezwungen, sich mit der Petroleumlampe zu begnügen, und die wenigen Dinge, welche zu ihrer Abbildung durchaus anderes Licht erfordern, für sonnige Tage aufzusparen. Es geht hier so, wie in vielen anderen Dingen: Der Geschickte leistet mit beschränktesten Hilfsmitteln weit Besseres als ein Anderer, der bei allen Neuanschaffungen niemals Zeit findet, sich auf das Alte, Brauchbare einzuarbeiten.

Wer Leuchtgas zur Verfügung hat, oder 50 M. für eine Ligroinlampe anlegen will, möge mit dem Auer'schen Glühlicht sein Heil versuchen. Bei den durch Wasserstoff-Sauerstoff oder Leuchtgas-Sauerstoff in Weissgluth versetzten Erden kommt nur das Zirkonlicht in Betracht, da bei sehr viel grösserer Leistungsfähigkeit die Herstellungskosten desselben keine nennenswerth höheren sind, als bei dem Kalk- oder Magnesialicht. Doch wird diese Lichtquelle wegen der nicht unbedeutenden Kosten weniger von einzelnen Mikrophotographen, als in grösseren Anstalten verwendet werden. Das Gleiche gilt von dem elektrischen Bogenlicht, das zu seiner Herstellung entweder grosse Maschinen oder kostspielige Batterien erfordert. Das leichter zu beschaffende elektrische Glühlicht bietet keine nennenswerthen Vortheile gegenüber dem Leuchtgas- oder Petroleumlicht.

Das Magnesiumlicht, welches sich in seinen verschiedenen, gegenwärtig verwendeten Formen zweifellos nur in einem Uebergangsstadium befindet, ist vielleicht bestimmt, in der Mikrophotographie das Sonnenlicht einst völlig zu ersetzen. Wofern es gelingt, die Ruhe und gleichmässige Helligkeit desselben zu verbessern, dürfte es allen Anforderungen, welche der Mikrophotograph stellen muss, genügen. Möglicherweise erreicht man es durch Zusatz anderer Metalle, dass der Magnesiumdraht ruhig abbrennt, wie ein Wachslicht. Das gegenwärtig so störende Flackern und bisweilen vollkommene Erlöschen des abbrennenden Bandes hat seinen Grund nicht in dem ungleichmässigen Gange des Uhrwerks in den Lampen, sondern in der ungleichmässigen Beschaffenheit des Metalls. An diesem Punkte hätten also alle Verbesserungsversuche anzusetzen.

VIERTER ABSCHNITT.

Die Beleuchtung.

Richtige Beleuchtung des aufzunehmenden Objekts ist in der Mikrophotographie von weittragendster Bedeutung. Die theuersten Apparate, die besten Gläser und das wirksamste Licht sind völlig werthlos, wenn man es nicht versteht, dem Objekte die Strahlen in richtiger Weise zuzuführen. In keinem anderen Punkte herrschte aber von jeher bis in die neuste Zeit hinein eine so grenzenlose Verwirrung, wie in diesem. In Unkenntnis der optischen Gesetze legten sich die Autoren eine Theorie zurecht, welche sich mit ihren Beobachtungen am Mikroskop leidlich in Einklang bringen liess. Die einmal begangenen Irrthümer erbten sich von Geschlecht zu Geschlecht, von Lehrbuch zu Lehrbuch fort; mit staunenswerther Gewissenhaftigkeit schrieben neuere Schriftsteller das alte Falsche ab, auch nachdem sich längst ganz neue Ansichten über die Beleuchtung und die Theorie der Bilderzeugung Bahn gebrochen hatten[1].

1. Beleuchtung mit durchfallendem Licht.

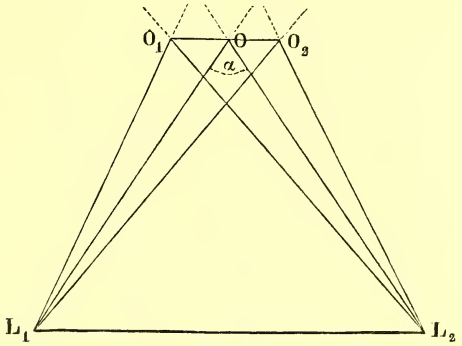
a. Allgemeines über den Strahlengang bei Anwendung von Planspiegel, Hohlspiegel und Sammellinse, Wirkung der Blenden.

Alle von irgend einer Lichtquelle L_1—L_2 (Figur 31) ausgehenden Strahlen fallen in konvergirenden Büscheln auf jeden Punkt des Objekts

[1]) Vergl. die Abschnitte über Beleuchtung in: Dippel, Grundzüge der allgemeinen Mikroskopie, und Dippel, Handbuch der allgemeinen Mikroskopie.

($O_1\ O\ O_2$), gleichgiltig ob, wie in der Regel bei mikrophotographischen Arbeiten mit horizontalem Mikroskop, die Unterseite des Objekts direkt der Lichtquelle zugekehrt ist, oder ob man einen Plan- oder Konkavspiegel zur Beleuchtung verwendet. Die Winkelöffnung α dieser kegelförmigen Büschel (Beleuchtungskegel) ist abhängig von der Entfernung und Grösse der Lichtquelle und von der Gestalt und Stellung der Spiegel.

In dem Falle, wo die Unterseite des Objekts dem mit hellen Wolken bedeckten Himmel zugekehrt ist, beträgt der Oeffnungswinkel des Beleuchtungskegels, wofern nicht die Umrahmung des Fensters oder gegenüber liegende Gebäude den Gesichtskreis einengen, annähernd 180^0; richtet man dagegen das Mikroskop direkt auf die Sonne, so ist dieser Winkel nur $^1/_2{}^0$, da die Sonne am Himmelsgewölbe eine scheinbare Breite von $^1/_2{}^0$ hat.



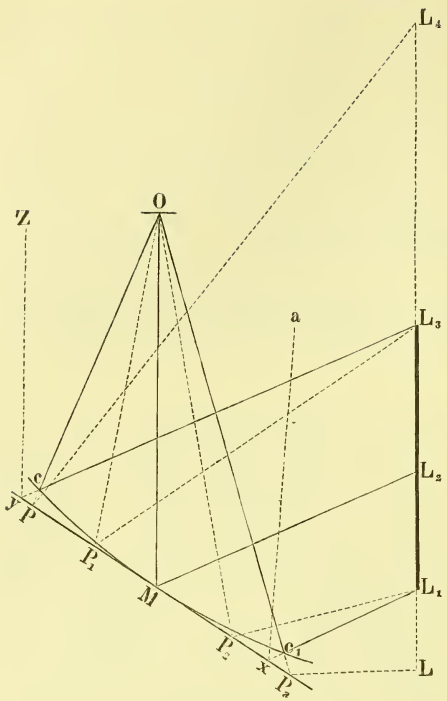
31.

Bei Verwendung von Spiegeln gestalten sich die Verhältnisse folgendermassen:

$L_1\ L_2\ L_3$ (Figur 32) sei die Lichtquelle, $P P_1 M P_2 P_3$ ein Planspiegel, $c M c_1$ ein Konkavspiegel und O das aufzunehmende Objekt. Während der Achsenstrahl $L_2 M$ von beiden Spiegeln in gleicher Richtung reflektirt wird, ergeben sich bei den übrigen Strahlen wesentliche Verschiedenheiten. Die von den Rändern der Lichtquelle ausgehenden Strahlen können, vom Planspiegel reflektirt, das Objekt O überhaupt nur dann treffen, wenn sie auf Punkte des Spiegels fallen, welche von M nicht weiter als P_1 oder P_2 entfernt sind. Der Strahl $L_3 y$ würde beispielsweise nach Z reflektirt werden, $L_1 x$ dagegen nach a. Die Lichtquelle $L_1 L_3$ liefert also bei Reflexion durch den Planspiegel einen Beleuchtungskegel mit dem Oeffnungswinkel $P_1 O P_2$.

Wird der Konkavspiegel zur Reflexion verwendet, so gelangen noch Strahlen zum Objekte O, welche den Spiegel in den Punkten c und c_1 treffen. Der hierbei gelieferte Strahlenkegel hat also den Oeffnungswinkel $c O c_1$.

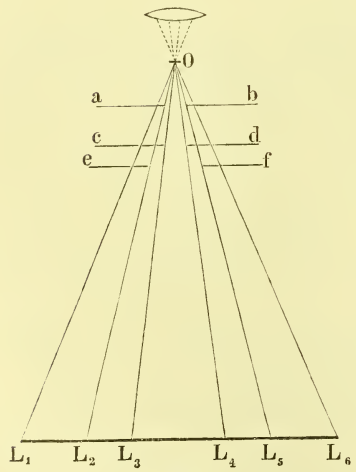
Bei gleicher Grösse und gleichem Abstande der Lichtquelle giebt daher der Hohlspiegel einen breiteren Beleuchtungskegel; er tritt mit



32.

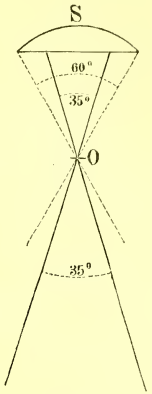
grösserer Flächenausdehnung für die Beleuchtung in Wirksamkeit als der Planspiegel; mit anderen Worten: er vermag mehr Licht auf das Objekt zu senden als letzterer. Damit der vom Planspiegel gelieferte Beleuchtungskegel denselben Oeffnungswinkel hat, wie der von dem Hohlspiegel gelieferte, müsste die Lichtquelle die Grösse LL_4 haben. Man kann deshalb auch sagen: der Vortheil des Hohlspiegels beruht darauf, dass er im Vergleich zum Planspiegel so wirkt, als ob eine ausgedehntere Lichtquelle zur Verfügung steht.

In welcher Weise wirken nun unter dem Objekt angebrachte Blenden? $L_1 L_6$ (Figur 33) sei die Lichtquelle, welche, wenn Blenden nicht vorhanden sind, einen Lichtkegel mit dem Oeffnungswinkel $L_1 O L_6$ erzeugt. Bringt man zwischen Objekt und Lichtquelle eine Blende ab an, so können die von L_1 und L_6 ausgehenden Strahlen nicht mehr nach O gelangen; vielmehr hat der beleuchtende Lichtkegel jetzt den Oeffnungswinkel $L_2 O L_5$. Wird eine Blende cd von derselben Oeffnung wie diejenige ab in noch grösserer Entfernung vom Objekte angebracht, so verliert der Lichtkegel abermals an Breite. Blenden von grösserer Oeffnung, z.B. ef müssen, um dieselbe Wirkung in



33.

Bezug auf Einengung des Lichtkegels hervorzubringen, wie solche von kleiner Oeffnung *ab*, der Lichtquelle mehr genähert werden. Aus diesen Betrachtungen erhellt, dass man mit den auf- und abschiebbaren Cylinderblendungen am besten die Breite des beleuchtenden Lichtkegels zu reguliren vermag.



34.

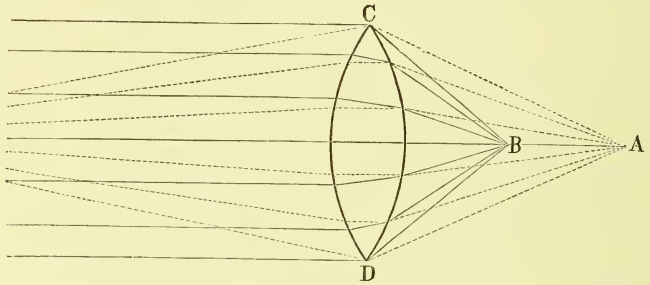
Da die Strahlen, wofern sie nicht durch brechende Medien abgelenkt werden, sich stets geradlinig fortpflanzen, so müssen dieselben bei Beleuchtung mit durchfallendem Licht vom Objekt aus in Gestalt divergirender Büschel zum Objektivsystem weiter gesendet werden (Figur 34). Der Oeffnungswinkel dieser divergirenden Büschel ist der Scheitelwinkel des Oeffnungswinkels der von der Lichtquelle zum Objekt konvergirenden Büschel; beide Winkel sind demnach gleich[1]. Mag daher die num. Apertur des jeweilig benutzten Objektivs noch so gross sein; es kann doch nur diejenige Apertur in Wirksamkeit treten, welche dem Oeffnungswinkel des das Objekt beleuchtenden Strahlenkegels entspricht. Ein Beispiel möge dies erläutern: *S* (Figur 34) stelle ein Trockensystem mit der num. Apertur 0,50 (Oeffnungswinkel 60°) dar. Der Oeffnungswinkel des das Objekt *O* beleuchtenden Lichtkegels betrage 35°. Dann gelangen auch nur Strahlenkegel mit einer Divergenz von 35° in das Objektiv, und da bei einem Trockensystem dem Oeffnungswinkel von 35° die num. Apertur 0,30 entspricht, so verhält sich das benutzte Objektiv in diesem Falle wie ein solches von 0,30 num. Apertur.

Bei der in beinahe allen Schriften über Mikrophotographie eine Hauptrolle spielenden Beleuchtung mit parallelen Strahlen wäre die in Wirksamkeit tretende Apertur des Objektivs gleich Null; es findet demnach eine Abbildung überhaupt nicht statt. In allen Fällen, wo die Autoren mit angeblich parallelen Strahlen eine Abbildung zu Wege brachten, waren neben den parallelen auch in gewissem Winkel einfallende Strahlen vorhanden.

[1]) In Wirklichkeit sind diese beiden Winkel nur dann völlig gleich, wenn, wie dies bei gefärbten Objekten der Fall ist, die Bilderzeugung auf Absorptionswirkung gewisser Strahlen beruht. Bei stark lichtbrechenden Objekten werden die Verhältnisse komplicirter; doch gehört das genaue Eingehen auf diese Dinge nicht an diesen Ort. Durch die planparallelen Begrenzungsflächen der Präparate (Unterseite des Objektträgers und Oberseite des Deckgläschens) werden Unterschiede in der Breite des einfallenden und austretenden Lichtkegels nicht herbeigeführt.

Es ist einleuchtend, dass man selbst mit dem Hohlspiegel sehr breite Beleuchtungskegel, welche die unbeschränkte Ausnutzung von Systemen mit hoher num. Apertur gestatten, nicht erzielen kann. Hier tritt die Beleuchtung mit Konvexlinsen (sogen. Kondensoren) in ihre Rechte.

Der von denselben erzeugte Strahlenkegel (Figur 35) ist ein verschieden grosser, je nachdem die Lichtquelle sich, wie die Sonne, in weiter Ferne, oder, wie die künstliche Flamme, in verhältnismässiger Nähe befindet. Die aus unendlich grosser Entfernung kommenden Strahlen vereinigen sich im Brennpunkte *B*, die von einer näher gelegenen Lichtquelle herrührenden (punktirt gezeichneten) dagegen in *A*. Dieselbe Linse liefert also Beleuchtungskegel von verschiedener



35.

Oeffnung. Der Oeffnungswinkel *C B D* ist am grössten, wenn die Strahlen aus der Unendlichkeit kommen; er wird um so kleiner, je mehr sich die Lichtquelle dem Brennpunkte der Linse nähert. Neben der Lage der Lichtquelle ist die Gestalt der Sammellinse von Einfluss auf die Breite des beleuchtenden Lichtkegels.

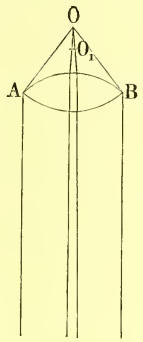
Der Name ‚Kondensor' (Verdichter der Strahlen) ist für die Beleuchtungslinsen sehr unpassend gewählt, da hier eine Verdichtung des Lichts nicht stattfindet. Die bei Anwendung der Sammellinsen erzielte grössere Helligkeit des Bildes ist lediglich Folge der Vergrösserung des wirksamen Querschnitts des Beleuchtungskegels. Die Helligkeit dieses Querschnitts im Vergleiche zur Helligkeit der ursprünglichen Lichtquelle wird durch keinen Beleuchtungsapparat (weder durch Hohlspiegel noch durch Sammellinse) vermehrt.

Wir stehen hier bei einem Punkte, über welchen nicht nur in den alten Lehrbüchern die denkbar grösste Verwirrung herrscht. Jeder Autor giebt genaue Vorschriften, wie man das Licht ‚kondensiren' soll.

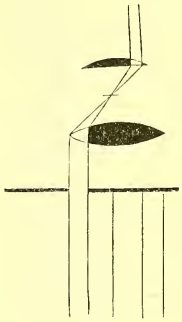
Brewster [1] will sogar das Natriumlicht einer Kochsalz-Weingeistflamme durch koncentrirende Linsen derartig verdichten, dass sich alle mikroskopischen Beobachtungen damit ausführen lassen. Das konnte ihm natürlich noch Niemand nachmachen!

Halten wir an dem Satze fest, dass alle Spiegel und Beleuchtungslinsen nur in dem Sinne wirken, dass sie die Grundfläche des Beleuchtungskegels erweitern; mit anderen Worten: dass sie die Lichtquelle ohne Verminderung ihrer Leuchtkraft auf grössere Ausdehung bringen.

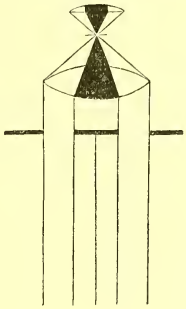
Bei Anwendung eines Hohlspiegels oder einer Sammellinse gelangen dann am meisten Strahlen auf das Objekt, wenn letzteres sich dort befindet, wo sich die Strahlen schneiden, d. h. wenn Objekt



36.



I.



II.

37.

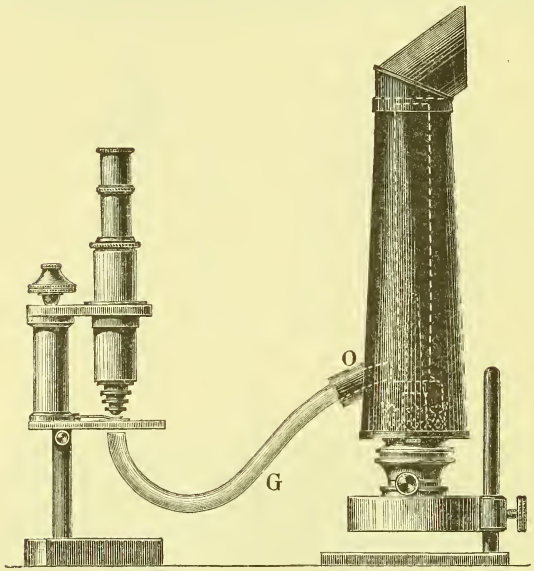
und Bild der Lichtquelle zusammenfallen. Die Randstrahlen $A\,O$ und $B\,O$ (Figur 36) können nur dann das Objekt treffen und zur Bilderzeugung beitragen, wenn das Objekt im Bilde der Lichtquelle liegt. Befindet sich das Objekt in O_1, so wird dasselbe von schmaleren Strahlenkegeln erleuchtet; es kann demgemäss auch nur ein kleinerer Theil der Oeffnung des Objektivs zur Wirksamkeit gelangen. Man ist also im Stande, durch Veränderung des Abstandes der Sammellinse, oder des Hohlspiegels vom Objekt die Breite des beleuchtenden Lichtkegels zu reguliren.

Die Wirkung der zwischen Lichtquelle und Sammellinse eingeschalteten Blenden gestaltet sich ganz entsprechend den auf Seite 104 (Figur 33) dargestellten Verhältnissen. Man kann durch Abblenden der Randstrahlen die Breite des beleuchtenden Lichtkegels beliebig vermindern. Ebenso lässt sich durch Verschieben der Blende nach

[1]) Brewster, Treatise on the Microscope. 1837.

einer Seite schiefe Beleuchtung erzielen (Figur 37, I), wie man sie in gleicher Weise durch Seitwärtsbewegung des Spiegels ohne Kondensor erhält [1]. Endlich ist man nach der schon von Harting (Das Mikroskop Bd. III S. 310) empfohlenen Methode durch Einschaltung kleiner, runder, undurchsichtiger Scheibchen in der Achse des Beleuchtungsapparats im Stande, die Mittelpartien des Beleuchtungskegels abzuschneiden und nur die Randstrahlen zur Wirkung kommen zu lassen (Figur 37, II) [2].

Hiermit wäre das Prinzip der Beleuchtungsvorrichtungen erörtert. Ueber die Beleuchtung mit Hilfe sogenannter Mikroskopirlampen können wir uns kurz fassen: die Lampen sind werthlos. Wegen der Mangelhaftigkeit der bei ihnen verwendeten Hohlspiegel und Sammellinsen liefern sie überhaupt nicht die von ihren Erfindern beabsichtigten parallelen Strahlen; und wenn sie dieselben lieferten, so wäre damit, wie wir sahen, dem Mikroskopiker ohne Zuhilfenahme eines Kondensors wenig genützt. Eine kleine unter dem Objekte angebrachte Sammellinse macht ihre Dienste völlig überflüssig.



38.

Die in jüngster Zeit von Kochs-Voltz konstruirte Mikroskopirlampe (Figur 38), die sich des Petroleumlichts als Leuchtquelle bedient, leitet

---

[1]) Die von Harting (Das Mikroskop, Bd. III S. 320) vorgeschlagene Schrägstellung des ganzen Beleuchtungsapparats (Sammellinse mit Spiegel) ist hierbei völlig überflüssig.

[2]) Letzteres lässt sich auch erreichen durch Schwärzung der Mitte der Beleuchtungslinse; doch ist diese Methode unbequem und veraltet. Ein Gleiches gilt von verschiedenen anderen Methoden, über die sich genaue geschichtliche Angaben in dem vortrefflichen Lehrbuche von Harting (Das Mikroskop. Braunschweig 1866) finden.

das Licht durch einen 1 cm. dicken Glasstab *G*, welcher in eine Seitenöffnung *O* des die Flamme umgebenden Blechcylinders genau hineinpasst, in Folge von totaler Reflexion an den Seitenwänden dieses Glasstabes auf die Unterseite des Objekts. Man erhält auf diese Weise bunt durch einander schiessende Strahlen, die scheinbar von einer Lichtquelle ausgehen, welche an Grösse dem Querschnitt des Glasstabes gleichkommt. Für schwache Objektive liefert die Lampe Strahlenkegel von ausreichender Breite. Man darf aber nie vergessen, dass der lange Glasstab viel Licht absorbirt. Die Reflexion an den Wänden ist überdies keine vollkommene, so dass ein Theil der Strahlen vor dem Ende des Stabes austritt und für die Beleuchtung des Objekts verloren geht. Der Mikrophotograph möge daher seine ohnehin stark auf die Probe gestellte Geduld bei Versuchen mit derartigen Vorrichtungen nicht erschöpfen.

Ebenso werthlos für die Beleuchtung, wie der in der Nähe der Flamme angebrachte Hohlspiegel ist die theilweise Versilberung der Glaskugel bei elektrischen Glühlampen. Durch ein solches Verfahren werden Spiegel von durchaus unregelmässiger Gestalt hergestellt, die einen unberechenbaren Strahlengang erzeugen.

b. Einfluss der Breite des Beleuchtungskegels auf das Bild.

Die Breite des einfallenden Lichtkegels übt einen grossen Einfluss auf die Beschaffenheit des Bildes aus. Je enger der beleuchtende Strahlenkegel genommen wird, je kleiner also die wirksame Apertur[1] des Beleuchtungsapparats ist, um so schärfer erscheint das Bild in seinen Umrissen; denn bei Anwendung breiterer Kegel werden Strahlen von verschiedenem Grade der Neigung gegen die Achse des Mikroskops gleichzeitig wirksam, welche nicht völlig identische Bilder liefern. Das von einem Beleuchtungskegel mit grosser Oeffnung erzeugte Bild ist das Resultat der Uebereinenderlagerung einer grossen Zahl verschiedenartiger Bilder, deren jedes einzelne herrührt von einem der

[1]) Die Apertur des Beleuchtungsapparats leitet sich aus dem Oeffnungswinkel in derselben Weise ab, wie wir dies für die Objektive auf Seite 42 (Abschnitt II) entwickelt haben.

kleineren, der Einfallsrichtung nach ungleichen Beleuchtungskegel. Beleuchtet man daher ein Objekt mit sehr breiten Strahlenkegeln, so erscheint das Gesichtsfeld nebelig unklar; unter Umständen verschwindet das Bild sogar vollkommen. Für diese Regel giebt es eine Ausnahme, diejenige nämlich, wo es sich um gefärbte Objekte handelt, deren Elemente sich nicht durch Differenzirung im Brechungsvermögen, sondern durch ungleiche Absorption des Lichts gegen einander abgrenzen In diesem Falle tritt, wofern nur das Objektiv für seine volle Apertur sorgfältig korrigirt ist, auch bei sehr breiten Beleuchtungskegeln kein Verwischen des Bildes ein. Das gleichzeitige Verschwinden der nicht absorbirenden Theile des Objekts (Schmutzpartikelchen und dergl.) ist dann kein Nachtheil sondern ein Gewinn. Am Auffälligsten tritt dies in Erscheinung bei Bakterienaufnahmen, wo die gefärbten Bakterien, besonders aber die ihnen anhängenden Geisseln am Besten abgebildet werden unter Anwendung von Objektiven und Beleuchtungsapparaten mit sehr hoher num. Apertur. Je grösser nämlich die nutzbare Apertur des Objektivs, um so schmaler erscheint der Durchmesser der zartesten Gebilde im Photogramm. Der scheinbare Durchmesser aller kleinsten isolirten Objekte ist für jede bestimmte num. Apertur einem kleinsten Werthe unterworfen, welcher durch die Gleichung $\frac{\lambda}{2a}$ annähernd gegeben wird, wobei λ die Wellenlänge des verwendeten Lichts und a die num. Apertur des Objektivs bezeichnet. Hieraus ergiebt sich beispielsweise, dass bei sonst gleichen Verhältnissen der Durchmesser der Geisselfäden im Bilde doppelt so breit erscheint, wenn die Aufnahme mit einer wirksamen Apertur von 0,7 geschieht, als wenn eine Apertur von 1,4 benutzt wird.

Bei Beleuchtung mit engen Einfallskegeln wird die Tiefenzeichnung der Objektive und die Ebenheit des Gesichtsfeldes wesentlich gehoben. Auch bei den besten Mikroskopobjektiven ist die Bildfläche stets merklich gewölbt, das Bild also in der Achse und ausserhalb derselben nicht gleichzeitig scharf. Je grösser der Oeffnungswinkel des beleuchtenden Strahlenkegels ist, um so schneller nimmt in dem auf eine ebene Fläche projicirten Bilde die Schärfe von der Mitte nach dem Rande hin ab. Bei der Okularbeobachtung fällt dies weniger auf, weil die Akkommodation des Auges und die Bewegung der Mikrometerschraube einen Ausgleich zwischen den mittleren und peripheren Theilen des Gesichtsfeldes herbeiführt.

Bei zu engen Beleuchtungsbüscheln treten jedoch — vielleicht der häufigste Fehler auf Mikrophotogrammen — helle Diffraktions-

säume auf, welche alle Linien im Bilde umgeben und die Deutlichkeit der Zeichnung sehr beeinträchtigen. Dieselben sind nach Abbe Fresnel'sche Beugungserscheinungen der Strahlen an der Schattengrenze der Objekte, und kommen um so stärker hervor, je intensiver das Licht ist.

Gegen die Verwendung zu enger Beleuchtungskegel spricht ferner die hiermit Hand in Hand gehende geringe Helligkeit des Bildes, welche lange Belichtungen der Platten erfordern würde. Endlich können gewisse Dinge, wie die Zeichnung auf den Kieselschalen der Diatomeen, nur durch Beleuchtungskegel abgebildet werden, deren Oeffnung nicht unter eine bestimmte Grenze sinkt.

Hieraus geht hervor, dass für jeden einzelnen Fall genau erwogen werden muss, welche Oeffnung des Beleuchtungskegels das vollkommenste Bild liefert. Bei Aufnahmen von gefärbten Bakterienpräparaten wird man mit möglichst grosser Apertur arbeiten[1]; im Uebrigen erweist sich sowohl für die Okularbeobachtung, wie ganz besonders für die Photographie ein Beleuchtungskegel als vortheilhaft, der in der Apertur ungefähr ein Drittel von der Apertur des jeweilig benutzten Objektivs ausmacht, der also auch ein Drittel von der freien Oeffnung des Objektivs mit Licht erfüllt.

Sieht man nach Herausnahme des Okulars in den Tubus hinein, wobei eine auf den Tubus gelegte enge Blende zur Fixirung des Auges dienen kann, so lässt sich ohne Weiteres leicht beobachten, welcher Theil der freien Objektivöffnung mit Licht erfüllt ist. Nach obiger Regel dürfte also nur das mittlere Drittel dieser freien Oeffnung hell erscheinen, während eine breite Randzone dunkel bleibt. Dies Verhältnis lässt sich auch ohne Herausnahme des Okulars dadurch kontrolliren, dass man eine Lupe auf den kleinen hellen Kreis im Augenpunkte des Okulars einstellt.

c. Entwicklung der Beleuchtungsapparate.

Mit der Entwicklung der Objektive musste diejenige der Beleuchtungsapparate Hand in Hand gehen. Um die hohe num. Apertur der Oel-Immersionen auszunutzen, bedurfte es Kondensoren von hoher Apertur. Der Planspiegel liefert, wie wir sahen, die schmalsten Be-

[1]) Verwendet man vorzüglich corrigirte Apochromate, so kann man nach Fraenkel u. Pfeiffer (Atlas der Bakterienkunde S. 24) auch bei Aufnahme ungefärbter Bakterienpräparate mit breiten Lichtkegeln beleuchten.

leuchtungskegel, welche nur für ganz schwache Objektive ausreichen. Mit den Hohlspiegeln kommt man schon erheblich weiter. Bei ungefärbten und vielen gefärbten Objekten kann man denselben für mittelstarke Objektive ohne Schaden verwenden. Dass hierbei natürlich auch die Ausdehnung der Lichtquelle von wesentlichem Einfluss ist, brauchen wir nach obigen Erörterungen nicht noch einmal ausdrücklich zu betonen. Bei Immersionen kommt man ohne die Konvexlinse nicht aus. Jedoch auch schon vor Einführung dieser Systeme bürgerte sich der Kondensor ein. Freilich kannte man damals noch nicht den Zusammenhang zwischen beleuchtendem und abbildendem Strahlenkegel; vielmehr gab lediglich der Umstand, dass ein mit Hilfe eines Brennglases (d. h. einer Sammellinse) beleuchteter Körper heller erscheint, als ein von den Strahlen der Lichtquelle direkt getroffener, Veranlassung zur Anwendung der Kondensoren.

Schon die Mikroskope von Bonannus[1] hatten einen aus zwei Konvexlinsen bestehenden Beleuchtungsapparat. Hartsoecker[2] traf die Einrichtung derart, dass die Beleuchtungslinse mit Hilfe einer Schraube dem Objekt nach Belieben genähert werden konnte.

Um die sphärische und chromatische Aberration zu vermindern, verwendete Wollaston[3] eine plankonvexe Beleuchtungslinse, deren plane Fläche dem Objekt zugekehrt ist. In derselben Absicht ersetzte Brewster[4] die plankonvexe Linse durch eine Kombination von 4 achromatischen Linsen, deren 2 biconvex und 2 concav-convex waren. Der im Jahre 1838[5] von Dujardin beschriebene Beleuchtungsapparat stützt sich der Hauptsache nach auf das Brewster'sche Prinzip. Er enthält 2 oder 3 achromatische, planconvexe Doppellinsen, deren ebene Flächen nach aufwärts sehen. Die Entfernung derselben vom Objekttische lässt sich verändern, damit der Brennpunkt genau in das Objekt zu verlegen ist. Ein derartiger Kondensor liefert bereits Beleuchtungskegel von beträchtlicher Breite. Amici und die englischen Mikroskopverfertiger folgten dem Beispiele Dujardin's und verbesserten den Beleuchtungsapparat durch einige nicht unwesentliche Neuerungen. Der Engländer Ross bewirkte die Auf- und Abwärtsbewegung des Kondensors durch Zahn und Trieb; ferner brachte er mehrere Schrauben an, welche dazu dienen, die Achse des Beleuchtungsapparats mit der

---

[1]) Bonannus, Ph., Micrographia curiosa. 1691.
[2]) Hartsoecker, Essay de Dioptrique. Paris 1694.
[3]) Wollaston, Philos. Transact. 1829.
[4]) Brewster, Treatise on the Microscope. 1837.
[5]) L'Institut n. 247 p. 307.

Achse des Mikroskops zusammenfallend zu machen, — eine Sache, die für die Erzeugung eines tadellosen Bildes von Bedeutung ist.

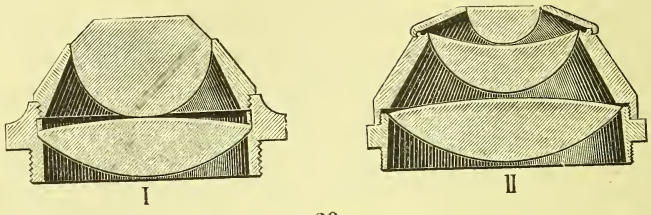
Die Engländer führten die Beleuchtung des Objekts mit gewöhnlichen Mikroskopobjektiven ein, was man in Deutschland vielfach Geheimrath R. Koch zuschreibt. Sie stellten als Regel auf, dass dasjenige Objektiv in den Beleuchtungsapparat kommt, welches dem zur Beobachtung verwendeten in der Stärke (Grösse des Oeffnungswinkels) vorangeht. Ueberdies wurde von ihnen den guten Mikroskopen zur Beleuchtung ein System von drei achromatischen Doppellinsen beigegeben. Für die stärksten Objektive hatte man das gesammte System zu nehmen, zu den Objektiven von mittlerer Stärke nur zwei der Doppellinsen und bei den schwächeren Vergrösserungen eine einzige. Powell und Lealand lieferten schon 1859 einen achromatischen Kondensor mit 170° Oeffnung, der also auf Luft bezogen eine num. Apertur von beinahe 1 besass.

Ein wesentlicher Bestandtheil dieser Beleuchtungsapparate ist die Blende, deren Bedeutung für die Beschaffenheit des Bildes man in früher Zeit erkannt hatte. Die mit Blendenöffnungen von verschiedener Grösse versehene drehbare Scheibe oder verschiebbare Platte gestattet eine gute Abstufung in der Breite der Beleuchtungskegel.

Es würde zu weit führen, alle Kondensoren zu beschreiben, welche in neuerer Zeit konstruirt wurden, um mit den gewaltigen Verbesserungen der Objektive gleichen Schritt zu halten. Zeiss, welcher in Verbindung mit Abbe durch die Einführung homogener Immersionen von sehr hoher Apertur sich die grössten Verdienste um unsere Wissenschaft erworben hat, stellte in dem sogen. Abbe'schen Beleuchtungsapparat (Figur 39 und 40) ein Instrument her, welches einerseits die volle Ausnutzung auch der Apertur von 1,40 ermöglicht, andererseits in bequemster Weise Einengung des Beleuchtungskegels auf jede beliebige Grösse und Verwendung von schiefem Licht gestattet. Ueberdies unterscheidet sich derselbe durch seine handliche Form in vortheilhaftester Weise von den Kanonenrohr ähnlichen Kondensoren der englischen Optiker.

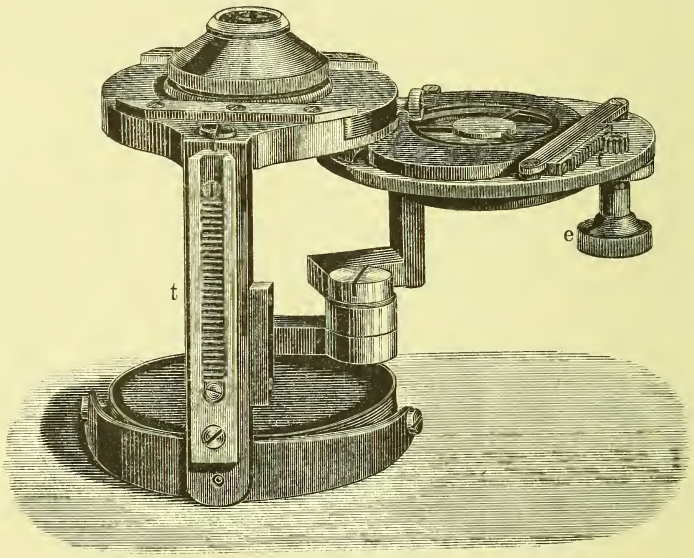
Der zweitheilige Abbe'sche Kondensor (Figur 39, I) hat eine Apertur von 1,20, der dreitheilige (Figur 39, II) eine solche von 1,40. Selbstverständlich kommen die Aperturen, welche gleich 1 oder grösser als 1 sind nur dann zur Geltung, wenn man die Frontlinse des Kondensors und die Unterseite des Objektträgers durch einen Wasser- oder Oeltropfen verbindet. Befindet sich eine wenn auch noch so dünne Luftschicht zwischen Kondensor und Objekt, so wird der Theil

des Strahlenbüschels, dessen Apertur gleich 1 oder grösser als 1 ist durch Totalreflexion abgeblendet, und es tritt nur der Theil in Wirksamkeit welcher kleiner als 1 ist.



39.

Figur 40 zeigt den ganzen Abbe'schen Beleuchtungsapparat, d. h. die Kondensorlinsen in Verbindung mit Blendenträgern und Spiegel. Mit Hilfe der mit Zahnstange versehenen Führung *t* lässt sich der

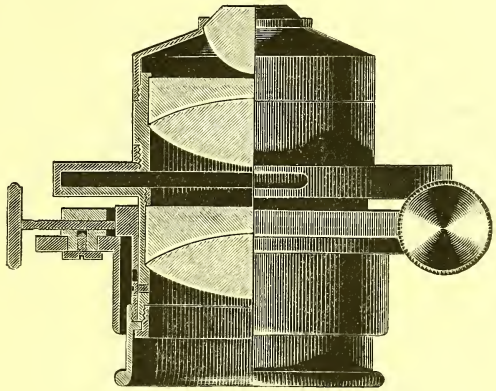


40.

Apparat dem Objekte beliebig nähern oder von ihm entfernen. Die Blenden sind durch Zahn und Trieb *e f* seitwärts verschiebbar, damit man dem Lichtkegel in bequemer Weise verschiedene Einfallsrichtung geben kann.

Für das neueste Objektivsystem mit 1,60 num. Apertur konstruirte Zeiss einen eigenen Kondensor mit gleich hoher Apertur. Letztere wird dadurch erreicht, dass die Frontlinse aus einem Flintglas vom Brechungsindex 1,72 besteht. Frontlinse und Unterseite des aus demselben Flint gearbeiteten Objektträgers werden durch Monobromnaphtalin verbunden. Jede weitere Steigerung der Objektiv-Apertur zieht eine solche auch für die Apertur des Beleuchtungssystems nach sich.

Speciell für die Bedürfnisse des Mikrophotographen fertigte Zeiss nach den Berechnungen von Abbe und den praktischen Winken von Geheimrath Koch jüngst einen neuen Kondensor, der in nicht unwesentlichen Punkten von dem gewöhnlichen Abbe'schen Beleuchtungsapparat abweicht[1]. Während letzterer nämlich nicht achromatisch ist, wurde bei dem neuen Kondensor (Figur 41), welcher eine num. Apertur von 1,0 hat, auf sorgfältige Korrektion der sphärischen und chromatischen Abweichung Gewicht gelegt. Hierdurch wird nämlich erreicht, dass auch das durch den Kondensor bei voller Oeffnung desselben in die Objektebene verlegte Bild kleiner Lichtquellen, wie beispielsweise der Sonne, scharfe Umrisse hat. Wenn man bei Verwendung von direktem Sonnenlicht den Beleuchtungs-Apparat so stellt, dass sich die Strahlen in der Objektebene schneiden, so versagt der nicht achromatische Kondensor bei voller Oeffnung den Dienst wegen der starken Zerstreuung der von einer so kleinen Lichtfläche ausgehenden Strahlen durch die sphärische Abweichung der Linsen; das Sonnenbildchen fällt zum Nachtheil für das mikroskopische Bild völlig unscharf aus und die Beleuchtung des Objekts ist keine gleichmässige. Bei Anwendung einer genügend ausgedehnten Lichtquelle, z. B. des Wolkenhimmels, ermöglicht auch der nicht achromatische Kondensor eine gleichmässige Beleuchtung, weil Strahlen von

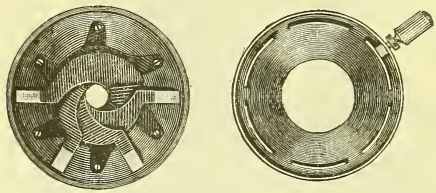


41.

[1]) Zeiss, Special-Katalog S. 12 u. 16.

sehr verschiedenen Punkten einer solchen Lichtquelle in jedem Punkte des Objekts zusammenwirken können.

Bei der Konstruktion dieses neuen achromatischen Kondensors wurde ferner darauf Bedacht genommen, dass das in die Objektebene projicirte Sonnenbildchen das Gesichtsfeld eines starken Objektsystems eben ausfüllt; denn schon bei der gewöhnlichen Okular-Beobachtung, noch mehr aber beim Photographiren, zeigt es sich, dass die Deutlichkeit des Bildes dann am grössten ist, wenn nur der abzubildende Theil des Präparats vom Licht getroffen wird. Begründet ist diese Thatsache darin, dass, wenn auch Licht ausserhalb des Gesichtsfelds auf das Präparat gelangt, theils durch Reflexion am Deckgläschen, theils durch Ablenkung innerhalb des Präparats unregelmässig durch das Gesichtsfeld schiessende Strahlen erzeugt werden, welche auf die Schärfe des Bilds in ähnlicher Weise störend einwirken, wie die Randstrahlen bei Anwendung zu breiter Beleuchtungskegel. Bei schwachen Objektiven, die ein grosses Gesichtsfeld haben, muss unter Anwendung des achromatischen Kondensors und des Sonnenlichts, oder auch des elektrischen Lichtbogens, eine matte Scheibe diffus leuchtend gemacht und diese dann mittelst des Kondensors in die Objektebene projicirt werden.



42.

Um eine genaue Centrirung des Kondensors zu ermöglichen, bringt Zeiss ein besonderes centrirbares Adaptionsstück an. An Stelle der scheibenförmigen Blenden ist die Irisblende (Figur 42) gesetzt, welche jede beliebige Oeffnung des Kondensors von 0,1 bis 1,0 num. Apertur gestattet. Aus optischen Gründen befestigte man die Blendung innerhalb des Kondensorsystems. Endlich besitzt dieser Beleuchtungsapparat noch eine Einrichtung, um diejenige Bewegung, welche bei stehendem Mikroskop das Heben und Senken des Abbe'schen Apparats bewirkt, besonders sorgfältig und fein zur Ausführung bringen zu können.

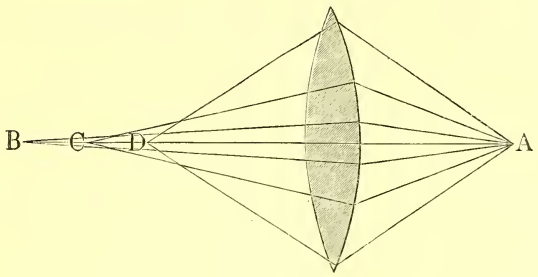
Die hohe Bedeutung der bei astronomischen Instrumenten schon längst gebräuchlichen, in neuerer Zeit bei Beleuchtungsapparaten jeglicher Konstruktion angewendeten Irisblende lernt der Mikroskopiker bald schätzen. Während früher eine grosse Anzahl scheibenförmiger Blenden nöthig war, um in jedem Falle die richtige Breite des einfallenden Lichtkegels herbeizuführen, lassen sich bei der Irisblende durch leichte

Drehung die feinsten Abstufungen zu Wege bringen. An einem alten Mikroskop von Dolland [1] befindet sich übrigens schon ein Diaphragma, welches in ganz analoger Weise wie die Irisblende eine verstellbare Oeffnung besitzt.

d. Geschichtliches über die Beleuchtung der Objekte bei mikrophotographischen Aufnahmen.

An der Hand obiger Auseinandersetzungen über die bei Beleuchtung mikroskopischer Präparate geltenden Grundsätze und über die Wirkung von Spiegel, Beleuchtungslinsen und Blenden wollen wir versuchen, die von den verschiedenen Autoren bei ihren mikrophotographischen Arbeiten eingeschlagenen Wege zu verfolgen.

In den Schriften über Mikrophotographie spielt bis in die neuste Zeit hinein, auch nachdem die Lehrbücher von Dippel, aus denen die Autoren hätten Belehrung schöpfen können, längst erschienen waren, die Beleuchtung der Objekte mit diffusem und concentrirtem Licht, mit parallelen, konvergirenden und divergirenden Strahlen eine Hauptrolle. Um sich und Andere von der Richtigkeit ihrer Theorien zu überzeugen, unterlassen es die Autoren nicht, durch Zeichnungen den von ihnen gewünschten Strahlengang zu veranschaulichen. Ganz abgesehen nun davon, dass hierbei in nicht seltenen Fällen den einfachsten Gesetzen der Brechung und Reflexion geradezu Hohn gesprochen wird, entspringen die Irrthümer vorwiegend folgenden Fehlerquellen: Erstens wird die sphärische Abweichung ausser Acht gelassen, welche bewirkt, dass die von einem Punkte *A* (Figur 43) ausgehenden, eine sphärische Linse unter verschiedenen Einfallswinkeln treffenden Strahlen sich nicht



43.

[1] Harting, Das Mikroskop, Bd. III. S. 317.

in einem, sondern in verschiedenen Punkten *B*, *C*, *D* schneiden. Befindet sich die Lichtquelle im Brennpunkte der Linse, so tritt nur ein Theil der Strahlen parallel aus, während ein anderer Theil divergirt oder konvergirt. Ferner ist die Vorstellung sehr verbreitet, dass die von einer fern gelegenen Lichtquelle, z. B. einer weissen Wolke, herrührenden Strahlen parallel einfallen. Das ist grundfalsch; je grössere Ausdehnung die Lichtquelle hat, um so breiter ist der einfallende Strahlenkegel. Auch die direkten Sonnenstrahlen sind nicht parallel, sondern schliessen einen Winkel von $^1/_2{}^0$ ein.

Endlich erzeugt eine von sphärischer und chromatischer Abweichung völlig freie Linse von der in ihrem Brennpunkte aufgestellten Lichtquelle nur unter der Voraussetzung rein parallele Strahlen, dass die Lichtquelle verschwindend klein (ein mathematischer Punkt) ist. Hat die Lichtquelle, wie in Wirklichkeit unter allen Umständen, auch nur einige Ausdehnung, so sind neben den parallelen auch stets divergirende und konvergirende Strahlen vorhanden. Wie häufig begegnen wir der Behauptung, dass die Strahlen der im Brennpunkte einer Linse aufgestellten Gas- oder Petroleumflamme durch die Linse parallel gemacht werden!

An den in erster Zeit zu mikrophotographischen Aufnahmen verwendeten Sonnenmikroskopen war „zur Koncentration der Strahlen" ein Kondensor angebracht. Man erhielt also mit denselben von Diffraktionssäumen freie Bilder, was anders bei Verwendung von direktem Sonnenlicht nicht möglich gewesen wäre.

Gerlach[1] glaubt bei mikrophotographischen Arbeiten mit ‚koncentrirten parallelen' Strahlen die besten Resultate zu erhalten. Er will dieselben dadurch erzeugen, dass er eine Sammellinse von 2,5 cm Brennweite mit einem Hohlspiegel von 4,5 cm Brennweite derart verbindet, dass das vom Hohlspiegel entworfene Bild der Lichtquelle sich im Brennpunkte der Sammellinse befindet. Um dies zu erreichen, soll der Abstand der Linse vom Spiegel $4{,}5 + 2{,}5 = 7{,}0$ cm betragen.

Als guten Beobachter konnte es Gerlach nicht entgehen, dass man ein intensiveres Licht erhält, wenn man nur Sammellinse oder Konkavspiegel verwendet und die Entfernung derselben vom Objekte so regulirt, dass sich die Strahlen im Objekte schneiden; doch meint er, die Zeichnung in der Aufnahme sei nicht so scharf, als bei Anwendung seiner koncentrirten parallelen Strahlen. Wahrscheinlich war in ersterem Falle die Oeffnung des beleuchtenden Lichtkegels für seine

---

[1]) Gerlach, a. a. O. S. 21.

schwachen Objektive zu gross. Ihm ist der Einfluss der Blenden wohl bekannt; er wählt dieselben sehr klein, 0,4 bis 0,6 mm im Durchmesser. Da sich die Blenden jedoch unmittelbar unter dem Objekt befanden, so konnten sie bei den ohnehin sehr schmalen Beleuchtungskegeln kaum einen anderen Einfluss ausüben, als die Strahlen von den ausserhalb des aufzunehmenden Gesichtsfeldes liegenden Theilen des Präparats abhalten. Die dem Gerlach'schen Werke beigegebenen Photogramme zeigen keine Diffraktionssäume. Die Breite des Beleuchtungskegels war also trotz der angeblich parallelen Strahlen für die schwachen Objektive eine ausreichende.

Moitessier in Paris, welcher sein ‚Lehrbuch der Mikrophotographie' im Jahre 1866 herausgab, verwendete zur Beleuchtung einen Dujardin-schen Kondensor oder 2 Sammellinsen: eine grössere mit einem Durchmesser von 5 bis 6 cm und einer Brennweite von 25 bis 30 cm und eine kleine, plankonvexe mit kurzer Brennweite. Erstere erhält das von einem grossen Silberspiegel reflektirte Sonnenlicht; letztere soll je nach ihrem Abstande von der grossen Linse parallele, konvergente oder divergente Strahlen auf das Objekt leiten. Moitessier war ein grösserer Praktiker, als Theoretiker. Trotz seiner irrigen Vorstellungen über den Gang der Strahlen weiss er recht gut, wie man die Sache anzufangen hat. Er ist der Erste, welcher es mit klaren Worten ausspricht, dass man in der Mikrophotographie die brauchbarsten Resultate erreicht, wenn man das Bild der Lichtquelle mit Hilfe des Dujardin'schen Kondensors in das aufzunehmende Objekt verlegt [1]. Auf Seite 47 lesen wir: „Es ist nothwendig, dass das Bild der Lichtquelle genau mit dem Objekt zusammenfällt". Dann giebt er Vorschriften, wie z. B. bei Verwendung einer weissen Wolke als Lichtquelle zu verfahren ist: Man richte den Planspiegel des Mikroskops auf einen sehr entfernten Gegenstand, etwa auf ein Haus, und stelle den Kondensor so, dass das Bild des Hauses scharf im Mikroskop erscheint. Hierauf wird der Spiegel der weissen Wolke zugewendet. Benutzt man als Lichtquelle einen von der Sonne beschienenen weissen Schirm, so soll in der Mitte desselben ein mit grossen Buchstaben bedrucktes Blatt Papier angebracht und der Kondensor so gestellt werden, dass man die Buchstaben im Mikroskop erkennt. Es sei nothwendig, den Kondensor für jedes neue abzubildende Präparat von Neuem einzustellen, weil bei der verschiedenen Dicke der Objektträger die verschiedenen Präparate sich nicht immer genau

[1]) Brewster (Treatise on the Microscope p. 135. 1837) hatte diese Art der Beleuchtung für die mikroskopische Beobachtung als die geeigneste erklärt.

in derselben Ebene befinden. Auch bei Verwendung von Sonnenlicht und Beleuchtung des Objekts mit zwei Sammellinsen sei diejenige Stellung der Linsen die vortheilhafteste, wo das durch dieselben erzeugte Sonnenbildchen genau mit dem abzubildenden Objekt zusammenfällt (Moitessier S. 61). Natürlich müsse das Bild der Lichtquelle in jedem Falle das aufzunehmende Gesichtsfeld ganz ausfüllen. Kommt es nicht auf grösste Lichtintensität an, so könne man durch die Sammellinse auf matter Glasscheibe einen sehr hellen Kreis von 6 bis 8 mm Durchmesser entwerfen; dieser Kreis dient dann als Lichtquelle und wird durch den Kondensor in die Objektebene projicirt. Die matte Scheibe ist mit Ausschluss des zu erleuchtenden Kreises mit schwarzem Papier zu bekleben, damit man mittelst eines um zwei Achsen drehbaren Silberspiegels das Sonnenlicht leicht fortdauernd auf denselben Abschnitt der Scheibe leiten kann (Moitessier S. 65).

Wir haben die Ausführungen Moitessier's ausführlich wiedergegeben, um zu zeigen, dass demselben die Grundsätze, welche heute bei der Beleuchtung mikroskopischer Präparate massgebend sind, bekannt waren. In völliger Unkenntnis aller geschichtlichen Thatsachen bezeichnen heutigen Tags die Meisten Geheimrath Koch als denjenigen, welcher bei mikrophotographischen Arbeiten zuerst die Verlegung der Lichtquelle in das Objekt vorschlug und das hierbei zu übende Verfahren beschrieb. Es bedarf keines Wortes darüber, dass Koch selbst die Priorität der Einführung der im Obigen beschriebenen Beleuchtungsweise für sich niemals in Anspruch nahm.

Sehr bedauerlich ist, dass der geniale Franzose Moitessier in Deutschland so wenig Anerkennung seiner Verdienste fand. Die ihm gebührenden Lorbeeren erntete Benecke, welcher das Moitessier'sche Werk nicht ohne Fehler übersetzt, durch nicht immer zutreffende Bemerkungen erweitert und durch unglaublich unpraktische Erfindungen bereichert hat. Man spricht heute beispielsweise von der stereoskopischen Wippe nach Benecke; und doch ist das einzige Verdienst Benecke's um dieselbe, dass er die französische Beschreibung des Instruments in's Deutsche übertrug. So ging es in tausend anderen Dingen.

Um ein möglichst scharfes Sonnenbildchen in die Objektebene zu projiciren, will Moitessier für den Beleuchtungsapparat nur solche Linsen verwendet wissen, welche frei von sphärischer und chromatischer Abweichung sind[1]. Unterhalb des Dujardin'schen Konden-

[1]) Die diesbezügliche Stelle des Moitessier'schen Werkes (S. 67) übersetzt Benecke völlig ungenau, indem er schreibt (S. 28): „Die Linsen des

sors müsse sich eine Drehscheibe mit Blendungsöffnungen von verschiedener Weite befinden.

Da bei Verwendung ganz schwacher Objektive das Sonnenbildchen immer nur einen kleinen Theil des Gesichtsfeldes erleuchten würde, so entfernt Moitessier hierbei den Kondensor ganz und stellt eine grosse Sammellinse von 30 cm Brennweite derart auf, dass die Spitze des beleuchtenden Lichtkegels im Objektiv liegt, dass also das scharfe Bild der Lichtquelle in die Mitte des Objektivs fällt. Dann erscheint das ganze Gesichtsfeld gleichmässig hell erleuchtet.

Schiefe Beleuchtung erzielt Moitessier unter Anderem auch durch Anwendung scheibenförmiger Diaphragmen, welche den centralen Theil des Kondensors verdecken und nur durch seine Randtheile Licht hindurchtreten lassen. Durch Vergrösserung des centralen, undurchsichtigen Theiles der Blendung könne man die Schiefheit des Lichts vermehren. Mitunter sei es zweckmässig, eine Scheibe mit drei kleinen, mehr oder weniger excentrischen Löchern, welche nur drei feinen, schiefen Lichtbündeln den Durchtritt gestatten, oder eine halbe Blendungsscheibe anzuwenden. Derartige, aus dünnem Blech oder dünner Pappe ausgeschnittene Blenden werden unterhalb des Dujardin'schen Kondensors in die weiteste Oeffnung der Drehscheibe eingesetzt, damit man dieselben durch Bewegung der Drehscheibe mehr oder weniger aus der Achse des Mikroskops entfernen kann (Moitessier S. 78).

Das ist genau die Methode, nach der man jetzt mit Hilfe des Abbe'schen Beleuchtungsapparats und seiner Zuthaten den Gang der Lichtstrahlen regelt.

Wenn man das Moitessier'sche Werk aus der Hand legt und sich in das zwei Jahre später erschienene Lehrbuch von Reichardt und Stürenburg vertieft, so überschleicht das Gefühl, als gelange man aus dem Paradies in die Wüste. Nach Reichardt und Stürenburg (S. 30) sollen die verschiedenen Spiegelstellungen hauptsächlich nur

---

Beleuchtungsapparats müssen möglichst vollkommen achromatisch und namentlich aplanatisch sein, da diese Eigenschaften für die Schärfe des photographischen Bildes sehr vortheilhaft sind". Moitessier sagt dagegen: „Der ganze Beleuchtungsapparat muss achromatisch und besonders aplanatisch sein. Auf letztere Bedingung kommt es besonders an; von ihrer Erfüllung hängt die Schärfe des kleinen Sonnenbildchens ab, welche von grossem Einfluss auf das Endresultat ist". Das ist genau der heute als giltig angenommene Satz: „Je schärfer das Bild der Lichtquelle im Objekt, um so schärfer das Photogramm". Aus den Benecke'schen Worten ist dies keineswegs ohne Weiteres zu folgern.

auf das Auge wirken und auch bei geradem Lichte soll auf der Photographie schon Alles wiedergegeben werden. Eine Kondensorlinse von kleinem Durchmesser wirke nur als Blende; man könne daher mit Hinsicht auf die grössere Schärfe des Bildes mit einer Blende ganz dasselbe erreichen u. s. w.

Fritsch[1] macht auf die hohe Bedeutung der genauen Centrirung aller Bestandtheile des Beleuchtungsapparats aufmerksam; er weist darauf hin, dass zu enge Lichtkegel Diffraktionserscheinungen verursachen. Zur Beleuchtung verwendet er die ursprünglich dem Mikroskop beigegebene Linse, welche auf einem langen Arm angebracht wird, um die Möglichkeit bedeutender Verschiebung zu geben.

R. Koch[2] beleuchtet mit den Objektiv-Systemen Nr. II und IV von Hartnack. Dass er hierdurch, wie Manche glauben, zuerst die Möglichkeit der Ausnutzung grösserer Objektiv-Aperturen gegeben habe, ist entschieden irrig; denn erstens ist die Beleuchtung durch Objektiv-Systeme aus England zu uns überkommen; ferner benutzten die Engländer schon lange vor Koch Kondensoren mit num. Apertur von beinahe 1,0; endlich hat der von Moitessier verwendete Dujardin'sche Kondensor eine Apertur von 0,5 bis 0,6, also eine höhere, als die alten Hartnack'schen Systeme Nr. IV. Dagegen ist es das unbestrittene und nicht hoch genug zu veranschlagende Verdienst von Koch, den Vortheil breiter Beleuchtungskegel bei Aufnahme gefärbter Bakterien durch vorzügliche Photogramme auf's Schlagendste bewiesen zu haben.

Koch sagt (a. a. O. S. 410): „Vor dem Gebrauche habe ich jedesmal nach Entfernung der matten Gläser und Einschaltung sehr dunkeler Kobaltgläser das von dem Beleuchtungsobjektiv entworfene Sonnenbildchen genau auf die Mitte des Objekts und auf die Ebene desselben eingestellt. Sobald dann nach Einschaltung einer matten Scheibe der Sonnenstrahl zerstreut wird, tritt der beste Beleuchtungseffekt ein". Es ist klar, dass bei diesem Verfahren während der Aufnahme ein scharfes Bild der Lichtquelle (in diesem Falle der durch Sonnenlicht erleuchteten matten Scheibe) sich nicht in der Objektebene befinden kann. Denn wenn der Kondensor die aus der Unendlichkeit kommenden Sonnenstrahlen in der Objektebene zu einem scharfen Bilde vereinigt, so thut er bei unveränderter Stellung dies nicht mit den Strahlen, welche von der in grosser Nähe aufgestellten matten Scheibe ausgehen.

Dann verfuhr Koch auch nach folgender Methode, welche be-

---

[1]) ‚Licht', Zeitschrift für Photographie (Berlin) 1869 S. 190.

[2]) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen Bd. II, p. 399. 1877.

sonders in den Fällen Werth besitzt, wo wegen zu dicker Objektträger das Präparat nicht ohne Weiteres in den Brennpunkt des Kondensors zu bringen ist, oder das durch den Beleuchtungsapparat entworfene Sonnenbildchen das Gesichtsfeld des jeweilig benutzten Objektivs nicht ausfüllt. Mit Hilfe einer Sammellinse von grosser Brennweite entwarf er ein Sonnenbildchen in Nähe des Kondensors, genau in der optischen Achse desselben, welches nunmehr als Lichtquelle dienend durch den Kondensor in die Objektebene projicirt wird. Um hierbei die richtige Stellung des Kondensors und der Sammellinse zu ermitteln, ist folgender Weg der einfachste: Man pflanzt etwa 10 cm vom Kondensor entfernt eine matte Scheibe auf und richtet den Beleuchtungsapparat derart, dass das Korn der Scheibe im Mikroskop sichtbar wird. Hierauf begrenzt man mit dem Bleistift denjenigen Abschnitt der Scheibe, welcher in der Objektebene erscheint, bringt in unmittelbare Nähe der Scheibe eine Blende, deren Oeffnung der Grösse des gezeichneten Bleistiftkreises entspricht und entwirft mittelst der Sammellinse ein scharfes Sonnenbildchen auf die so markirte Stelle der Scheibe. Nach Fortnahme der matten Scheibe wird das nunmehr frei in der Luft schwebende Sonnenbildchen durch den Kondensor in die Objektebene projicirt. Die Aufstellung der Blende gewährt den Vortheil, die durch Unregelmässigkeiten im Gange des Heliostaten herbeigeführten Abweichungen leicht verbessern zu können. Das durch die Sammellinse entworfene Sonnenbildchen wird vom Kondensor vergrössert wiedergegeben, wenn dasselbe zwischen einfacher und doppelter Brennweite des Kondensors liegt.

Nach Jeserich [1] kann die Beleuchtung mit Linsen sogar eine vierfache sein: „Entweder das Licht fällt auf das Objekt in parallelen Strahlen, oder die Strahlen divergiren, oder sie konvergiren, oder endlich das Objekt befindet sich im Kreuzungspunkte (Brennpunkte) der Strahlen". Als ob der letzte Fall etwas Anderes wäre, als Beleuchtung mit konvergirenden Strahlen! Die Beleuchtungsweise mit parallelem, konvergentem und divergentem Lichte soll vorwiegend bei mittleren und schwächeren Vergrösserungen zur Anwendung gelangen (Jeserich S. 55). Der Autor sagt (S. 56): „Die Randstrahlen, welche zu Diffraktionserscheinungen und Unschärfen Anlass geben könnten, beseitigt man durch Einschaltung passender Blenden". Nun, höchstens das Fehlen der Randstrahlen könnte zu Diffraktionserscheinungen Anlass geben. Auf Seite 63 lesen wir: „Da nun aber die vom Objektiv des Mikroskops ausgehenden und das Bild auf der matten Scheibe

[1]) Jeserich, Die Mikrophotographie S. 53. 1888.

zeichnenden Strahlen eine sehr starke Divergenz haben, so müssten die in dasselbe im Brennpunkte eintretenden Strahlen, die von der unter dem Objekt befindlichen Linse konvergent gemacht sind, wenn durchaus jede Diffraktionserscheinung vermieden werden soll, eine der Divergenz der eintretenden Strahlen genau entsprechende Konvergenz haben". Also: die konvergent gemachten, in den Brennpunkt des Objektivs eintretenden Strahlen müssen eine der Divergenz der eintretenden Strahlen genau entsprechende Konvergenz haben! Jeserich behauptet ferner: „Wollten wir also dieser theoretisch vorgeschriebenen Forderung vollständig genügen, so müssten wir für jedes Objektiv ein entsprechendes Beleuchtungssystem dem Apparate einschalten. Es wäre diese Anordnung eine höchst kostspielige". Der in Bezug auf seinen Geldbeutel geängstigte Mikrophotograph möge sich beruhigen. Denn wenn vielleicht Jeserich in dem oben angeführten mysteriösen Satze ausdrücken wollte, dass — was völlig irrig ist — zur Vermeidung von Diffraktionserscheinungen die Apertur des Kondensors genau die gleiche sein muss wie diejenige des Objektivs, so besitzen wir in den billigen Blenden ein vortreffliches Mittel zur Regulirung der Apertur des Beleuchtungsapparats.

Nachdem uns Jeserich mitgetheilt hat, dass er sich zur Beleuchtung einer grossen Sammellinse und zweier unmittelbar hinter einander liegender bikonvexer Linsen von kurzer Brennweite „mit sehr gutem Erfolge" bediene, erfahren wir, dass neben diesen einfachen Beleuchtungsanordnungen in letzter Zeit „ganz vorzügliche Beleuchtungsapparate konstruirt wurden, die allerdings einen ziemlich hohen Preis haben. Dieselben ersetzen durchweg die beiden kombinirten Linsen, welche sich unmittelbar unter dem Tische des Mikroskops befinden". Aus der Konstruktion des letzten Satzes ist nicht ohne Weiteres zu ersehen, ob die beiden kombinirten Linsen durch die ganz vorzüglichen Beleuchtungsapparate oder die ganz vorzüglichen Beleuchtungsapparate durch die beiden kombinirten Linsen durchweg ersetzt werden. Letzteres möchten wir bezweifeln.

Leider hat uns Jeserich seine „sehr guten Erfolge" vorenthalten; denn die dem Buche beigegebenen Mikrophotogramme gehören, soweit es sich um starke Vergrösserungen handelt, zu den kläglichsten Erzeugnissen dieser Gattung.

Es muss als besonders glücklicher Zufall begrüsst werden, dass unmittelbar nach dem Erscheinen des Jeserich'schen Buches der ‚Special-Katalog über Apparate für Mikrophotographie' von Zeiss ausgegeben wurde, wo in geradezu klassischer Weise das überaus schwierige Ge-

biet der Beleuchtung abgehandelt ist. Für den ganz schwachen Apochromat von 75 mm Brennweite empfiehlt Zeiss — was schon Moitessier für schwache Objektive vorgeschlagen hatte — die Verlegung der Lichtquelle nicht in die Objektebene sondern in die Mitte des Objektivs.

e. Specielles Verfahren bei Beleuchtung der Objekte.

In Folgendem soll kurz auseinander gesetzt werden, wie man nach den jetzt allgemein als richtig anerkannten Grundsätzen das Objekt im speciellen Falle zu beleuchten hat.

Mag die anzuwendende Vergrösserung eine schwache oder starke sein, stets empfiehlt es sich, nach der von Fritsch [1] angegebenen Methode eine genaue Centrirung vorzunehmen. Zu diesem Zwecke setzt man in die Oeffnungen, deren Lage zur optischen Achse kontrollirt werden soll, und auf die Beleuchtungs-Linsen geschwärzte Kartonscheiben und beobachtet durch eine feine, genau centrale Oeffnung derselben die zur Beleuchtung verwendete Lichtquelle. Es gelingt auf diese Weise durch kleine seitliche Verschiebungen und Einschalten eines Stückes nach dem anderen die Lichtstrahlen durch die ganze Folge von kleinen Oeffnungen bis auf die Mitte der Visirscheibe zu schicken, worauf das Beleuchtungssystem als genügend centrirt zu betrachten ist. Es ist daher nothwendig, alle einzelnen Theile des Beleuchtungsapparats auf der optischen Bank derart anzubringen, dass sie sich sowohl in der Höhe wie nach rechts und links verstellen lassen. Der neue achromatische Kondensor von Zeiss besitzt besondere Vorrichtungen zur genauesten Centrirung.

Handelt es sich um Aufnahmen mit ganz schwachen Objektiven, z. B. mit Zeiss' Apochromat Objektiv 75 mm Brennweite, oder mit einem kleinen Aplanat, so projicirt man durch eine Sammellinse von grösserer Brennweite ein Bildchen der Lichtquelle scharf in die Mitte des Objektivs. Um dies zu erreichen misst man nach scharfer Einstellung die Entfernung des Objektivs vom Objekt, und stellt nach Wegrücken des Tubus ein weisses Blatt Papier an die Stelle des Objektivs. Auf dem Papier bildet sich durch die Sammellinse die Lichtquelle ab, und es fällt nicht schwer, diejenige Stellung der Linse zu

[1]) ‚Licht' Zeitschrift für Photographie (Berlin) 1869 S. 190.

ermitteln, bei welcher das Bildchen der Lichtquelle am schärfsten erscheint[1]. Nunmehr wird nach Entfernen des Papiers das Objektiv wiederum an seine alte Stelle zurückgebracht. Befindet sich die Lichtquelle genau in der optischen Achse und ist das Bild derselben korrekt in der Objektivebene entworfen worden, so steht, wenn man oben in das Objektiv hineinblickt, das Lichtbildchen genau in der Mitte des Objektivs und verharrt darin, auch wenn der Beobachter mit dem Auge seitlich aus der optischen Achse abweicht. Steht das Lichtbildchen ausserhalb der Mitte, so ist die Beleuchtung nicht axial und muss dementsprechend verbessert werden. Wie viel von der Oeffnung des Objektivs von dem Beleuchtungskegel benutzt wird, erkennt man beim Hineinschauen in den Tubus, indem man den Theil des Objektivs, welcher von der Lichtquelle direkt in Anspruch genommen wird, hell erleuchtet, den unbenutzten dagegen dunkel sieht. Eine Regulirung des Beleuchtungskegels, für welche die früher (S. 111) auseinandergesetzten allgemeinen Regeln gelten, findet statt, indem man die Lichtquelle (z. B. eine Petroleumlampe oder eine durch die Sonne oder Magnesiumlicht hell beleuchtete matte Scheibe) durch Vorsetzen grösserer oder kleinerer Blenden in ihrem Durchmesser so verändert, dass das Bildchen derselben nur etwa ein Drittel des Objektivs in Anspruch nimmt.

Bei Aufnahmen mit Objektiven von langer Brennweite ist das Objekt sorgfältig vor Oberlicht zu schützen. Letzteres würde einen unregelmässigen Strahlengang erzeugen, wodurch die Schärfe des Bildes leidet. Lässt man einem nur mit durchfallendem Licht beleuchteten Objekte Oberlicht zukommen, so ergiebt sich hierdurch eine störende Verschleierung des Bildes. Bei Objektiven mit kurzer Brennweite ist Oberlicht schon deshalb weniger nachtheilig, weil das nahe am Deckgläschen befindliche Objektiv den Strahlen Zutritt kaum gestattet.

Abgesehen also von den Fällen, wo mit ganz schwachen Objektiven gearbeitet wird, verfährt man bei der Beleuchtung jetzt allgemein derart, dass man das Bild der Lichtquelle in die Objektebene projicirt. Ist letzteres geschehen, so erblickt man bei der Okularbeobachtung Präparat und Bild der Lichtquelle gleichzeitig scharf. Sieht man darauf nach Herausnahme des Okulars in den Tubus hinein, so erscheint ein mehr oder minder grosser Theil der freien Oeffnung des Objektivs gleichmässig hell erleuchtet. Erblickt man im Tubus ein aufrechtes oder umgekehrtes Bild der Lichtquelle, so ist die Stellung der Beleuchtungslinsen nicht die richtige.

[1]) Zeiss, Special-Katalog S. 28.

Ab und zu begegnet man der Vorstellung, als ob durch Projektion des Bildes der Lichtquelle in die Objektebene ein ganz besonderer, schwer zu erklärender Einfluss auf die Beschaffenheit des Bildes ausgeübt werde. Davon kann keine Rede sein. Vor allen Dingen wird hierdurch das Objekt nicht etwa zu einem selbstleuchtenden gemacht. Selbstleuchtende Körper senden ihre Strahlen nach allen Richtungen hin. Die Beleuchtung mit durchfallendem Licht wird jedoch durch die Lage des Bildes der Lichtquelle (ob innerhalb oder ausserhalb des aufzunehmenden Objekts) in der Richtung der Strahlen nichts geändert.

Die Verlegung des Bildes der Lichtquelle in das Objekt bietet folgende Vortheile. Sie ermöglicht:

1) eine sehr gleichmässige Beleuchtung des ganzen Gesichtsfeldes,
2) die Erhellung nur des aufzunehmenden Theils vom ganzen Präparat,
3) die Ausnutzung der vollen Apertur des jeweilig benutzten Beleuchtungsapparats.

Die Erwärmung, welcher das Präparat hierbei unter Umständen ausgesetzt wird, ist kein Grund gegen die Anwendung dieser Methode. Sie beweist vielmehr nur, dass die gegebene Intensität der Lichtquelle am vollkommensten zur Ausnutzung gelangt. Man kann die Wärmestrahlen durch Einfügen einer mit destillirtem Wasser oder mit Alaunlösung gefüllten Küvette absorbiren.

Die Projektion eines scharfen Bildchens der Lichtquelle ist in allen den Fällen nicht anwendbar, wo (besonders bei Arbeiten mit schwachen und mittelstarken Vergrösserungen) in Folge von zu geringer Ausdehnung der leuchtenden Fläche das Lichtbildchen nur einen kleinen Theil des Gesichtsfeldes ausfüllen würde, und man daher genöthigt ist, zur matten Scheibe zu greifen. Wird die matte Scheibe durch Sonnen-Magnesium- oder elektrisches Bogenlicht hell erleuchtet und nun ein scharfes Bild derselben in die Objektebene projicirt, so erscheint das Gesichtsfeld wie marmorirt, weil das durch das Objektivsystem vergrösserte Korn der Scheibe sichtbar wird. Bisher wollte es nicht gelingen, diesen Uebelstand zu beseitigen. Das matte Aussehen der Scheibe beruht eben auf dem Vorhandensein eines mehr oder minder feinen Korns, welches die Lichtstrahlen in der mannigfaltigsten Weise ablenkt. Wird das Korn durch Einfetten oder Ueberziehen mit Lack beseitigt so schwindet damit gleichzeitig die Wirkung des Mattglases. Auch weisses Papier, durch welches man das Mattglas ersetzen könnte, hat ein grobes Korn. Andere Substanzen, durch welche man versuchte, die Mattscheibe zu ersetzen, wie Milchglas, eine dünne Milchschicht,

eine Jodsilberplatte u. s. w., zerstreuen das Licht entweder zu wenig oder sie führen zu starke Lichtverluste herbei.

In den Fällen, wo die matte Scheibe nicht zu umgehen ist, achte man darauf, dass dieselbe möglichst feines Korn besitzt. Bei der Einstellung verfährt man dann folgendermassen: Zuerst ist diejenige Stellung des Beleuchtungsapparats zu ermitteln, bei welcher das Korn der hell erleuchteten Scheibe im Mikroskop scharf erscheint. Dann wird die Stellung der Scheibe *oder* diejenige des Kondensors derart verändert, dass das Korn im Gesichtsfeld verschwindet. Bei nicht oder nur mangelhaft achromatischen Kondensoren erscheint, wenn man die volle oder beinahe die volle Oeffnung ausnutzt, in Folge sphärischer Abweichung das Korn niemals scharf. Um von dem aufzunehmenden Präparate nicht mehr als durchaus nothwendig mit Licht zu beschicken, ist die leuchtende Fläche der Scheibe durch passende Blenden einzuengen.

Nicht wenige Kondensoren zeichnen selbst von der in der Nähe des Mikroskops befindlichen Petroleumflamme ein so kleines Bild, dass dasselbe das Gesichtsfeld eines schwachen oder mittelstarken Objektivs nicht ausfüllt. Es genügt in der Regel nicht, wenn das Bild der ganzen Flamme ebenso gross ist, wie der aufzunehmende Theil des Präparats, da die Helligkeit der Flamme in den verschiedenen Abschnitten eine verschiedene, an den Rändern meist eine andere als in der Mitte ist, und daher die einzelnen Abschnitte des Bildes verschieden hell erscheinen würden. Vielmehr muss, um ein gleichmässig belichtetes Negativ zu erzielen, das Flammenbildchen so gross sein, dass ein kleiner, gleichmässig heller Abschnitt desselben das ganze Gesichtsfeld deckt. Durch grössere Annäherung der Lampe an den Kondensor hat man es zwar in der Hand, das Flammenbildchen zu vergrössern; doch darf man wegen der Wärmeentwicklung eine gewisse Nähe nicht überschreiten.

Um daher die Einschaltung einer matten Scheibe, welche zwar dem Kondensor beliebig genähert werden könnte, aber stets Lichtverluste herbeiführt, zu vermeiden, so empfiehlt es sich, den ein zu kleines Flammenbildchen zeichnenden Kondensor durch eine Sammellinse zu ersetzen, welche ein hinreichend grosses Flammenbildchen entwirft und gleichzeitig einen breiten Beleuchtungskegel liefert. Verfasser bedient sich hierzu der achromatischen Objektivlinse eines guten Opernglases. Handelt es sich um mittelstarke Mikroskopobjektive, so müssen zwei dergleichen Linsen auf demselben Stativ kombinirt werden, damit der Strahlenkegel die nöthige Oeffnung hat. Man erhält auf

diesem Wege ein so grosses Flammenbildchen, dass selbst die schmale, sehr helle Randzone desselben das ganze Gesichtsfeld ausfüllt. Die Bedingung, dass nur die abzubildende Stelle des Präparats erleuchtet sei, kann hierbei auf zwei Weisen erfüllt werden: Entweder man setzt eine so kleine Blende unmittelbar vor die hellste Stelle der Flamme, dass der durch die Blendenöffnung sichtbare Flammenabschnitt das Gesichtsfeld eben ausfüllt, oder man schiebt ohne die Flamme einzuengen eine sehr kleine Cylinderblendung unmittelbar unter das Präparat. Das Verhältnis der Apertur der Beleuchtungslinse zu derjenigen des benutzten Objektivsystems (bei ungefärbten Präparaten gleich 1 : 3) wird in der früher beschriebenen Weise dadurch kontrollirt, dass man nach Herausnahme des Okulars beim Hineinblicken in den Tubus nachsieht, wieviel von der freien Oeffnung des Objektivs mit Licht erfüllt ist. Die Prüfung dieses Verhältnisses darf niemals unterbleiben, will man ein brauchbares Photogramm herstellen. Bei zu grosser Schmalheit des Beleuchtungskegels treten, wie bereits bemerkt, die störenden Diffraktionssäume auf, während bei zu breitem Lichtkegel das Präparat von Licht überfluthet erscheint und das Bild der Schärfe entbehrt. Es wurde ebenfalls schon darauf hingewiesen, dass gefärbte Präparate einen breiteren Lichtkegel vertragen als ungefärbte. Sollte der von der Sammellinse erzeugte Lichtkegel zu breit sein, so kann man ihn durch Blenden, welche zwischen Linse und Objekt aufgestellt werden, nach Belieben einengen. Bei zu engem Beleuchtungskegel sind dagegen Linsen von grösserer Apertur zu wählen.

Die von einigen Seiten an Stelle der Sammellinse empfohlene Verwendung einer Schusterkugel, in welcher sich die zur Absorption bestimmter Strahlengattungen dienende Flüssigkeit befindet, ist zu verwerfen, da diese Kugel in Folge ihrer unregelmässigen Gestalt niemals ein scharfes Bild der Lichtquelle giebt und überdies Vortheile irgendwelcher Art nicht bietet.

Durch Kondensoren, welche ein zu kleines Flammenbildchen zeichnen, kann man dennoch Beleuchtung des ganzen Gesichtsfeldes herbeiführen, wenn man den Kondensor ein wenig vom Objekt entfernt. Dann erhält man natürlich kein scharfes Bild der Lichtquelle in der Objektebene.

Stellt man zwischen Kondensor und Lichtquelle eine Sammellinse derart auf, dass sich die Lichtquelle im Brennpunkte derselben befindet, so erfährt das Bild der Lichtquelle in der Objektebene eine nicht unerhebliche Vergrösserung; doch wird durch Hinzufügung der Sammellinse die Centrirung des ganzen Apparats erschwert.

Entwirft der Kondensor ohne weitere Hilfsmittel ein hinreichend grosses Flammenbildchen in der Objektebene, so ist seine Benutzung für mikrophotographische Arbeiten der Verwendung einer wenn auch achromatischen Sammellinse vorzuziehen, da er mit der nöthigen Anzahl Blenden — am Besten mit einer Irisblendung — ausgestattet, die feinsten Abstufungen in der Breite des beleuchtenden Lichtkegels zulässt. Die Grösse der in die Objektebene projicirten leuchtenden Fläche kann hierbei nur durch Blenden regulirt werden, welche man unmittelbar vor der Lichtquelle anbringt.

Der neue achromatische Kondensor von Zeiss, welcher speciell für Photographiren mit Sonnenlicht berechnet ist, entwirft ein Sonnenbildchen, welches schon das Gesichtsfeld des Apochromat 4,0 mm Brw. 0,95 num. Apertur, des stärksten Trockensystems in der Reihe der Apochromate, deckt.

Arbeitet man mit Immersionen, welche ein sehr kleines Gesichtsfeld haben, so wird letzteres durch das von den meisten Kondensoren gelieferte Sonnenbildchen ausgefüllt; doch giebt es auch hiervon Ausnahmen. Dann greift man zur matten Scheibe, welche durch Sonnenlicht grell erleuchtet und durch passende Blenden genügend eingeengt wird, oder man entwirft durch eine Sammellinse ein Sonnenbildchen in Nähe des Kondensors[1], genau in der optischen Achse des Beleuchtungssystems und benutzt dies nunmehr als Lichtquelle. Wie hierbei zu verfahren, ist auf Seite 123 auseinandergesetzt. Natürlich sind nur solche Sammellinsen verwendbar, welche ein so grosses, scharfes Sonnenbildchen zeichnen, dass durch dasselbe das auf der matten Scheibe markirte Gesichtsfeld des Objektivs mindestens voll ausgefüllt wird. Ist das Sonnenbildchen zu gross, so kann man es durch Blenden, welche an die Stelle der matten Scheibe gesetzt werden, bequem einengen. Um bei eintretender Verschiebung des Sonnenbildchens (hervorgerufen durch Unregelmässigkeiten im Gange der Heliostaten) dasselbe ohne Schwierigkeit wieder genau in die optische Achse des Beleuchtungsapparats bringen zu können, empfiehlt es sich, auf jeden Fall an die Stelle der matten Scheibe eine Blendung zu setzen, deren Lumen durch das Sonnenbildchen ausgefüllt wird. Bei den geringsten Verschiebungen des Sonnenbildchens tritt nun dasselbe aus dem Lumen der Blende

---

[1]) Dass die Projektion des Sonnen- oder Flammenbildchens in Nähe des Kondensors zugleich die Möglichkeit giebt, auch bei ungewöhnlich dicken Objektträgern das Bild der Lichtquelle in die Objektebene zu verlegen, wurde bereits angedeutet.

heraus und kann durch leichte Lageveränderung des Spiegels wieder an den richtigen Platz zurückgebracht werden.

Verwendet man Petroleumlicht oder irgend eine andere, einigermassen ausgedehnte künstliche Lichtquelle, so wird das Gesichtsfeld starker Objektive in allen Fällen durch das Flammenbildchen ausgefüllt. Um jedoch das Mikroskop vor den Wärmestrahlen der Lampe zu schützen, ist es mitunter von Vortheil, die Lampe in ziemlicher Entfernung vom Mikroskop aufzustellen und in der soeben für Sonnenlicht beschriebenen Weise durch eine grosse Sammellinse ein Bildchen der Flamme in Nähe des Kondensors zu entwerfen. Die richtige Grösse des durch den Kondensor in die Objektebene projicirten Flammenbildchens wird erreicht durch passende Blenden, welche man entweder unmittelbar vor der Lampe oder dort anbringt, wo das Fammenbildchen durch die Sammellinse erzeugt wird.

Die auf der optischen Bank in Nähe des Kondensors aufzustellende matte Scheibe erweist sich auch bei Verwendung starker Objektive in allen Fällen unbedingt als nothwendig, wo die Lichtquelle, wie bei den verschiedenen Arten des Magnesiumlichts, nicht auf demselben Punkte verharrt.

Kommt es, wie bei der Aufnahme gefärbter Bakterien, darauf an, einen möglichst breiten Beleuchtungskegel zur Verfügung zu haben, so wird man alle Blenden aus dem Kondensor fortlassen; bisweilen empfiehlt es sich sogar, um Beleuchtungsapparate, welche eine höhere Apertur als 1 haben, voll auszunutzen, die Frontlinse des Kondensors durch einen Wasser- resp. Oeltropfen mit der Unterseite des Objektträgers zu verbinden. Auf diese Weise kann die ganze Oeffnung einer Oel-Immersion von 1,40 num. Apertur zur Bilderzeugung beitragen, was besonders bei Abbildung feinster Einzelheiten, wie z. B. der Geisselfäden, von Wichtigkeit ist (vergl. S. 110). Doch hüte man sich auch bei Bakterienaufnahmen, die wirksame Apertur der Beleuchtungslinsen ohne Noth zu steigern, da mit der Grösse der Apertur auch die Wölbung des Bildfeldes zunimmt.

Die Regel, dass beim Photographiren ungefärbter Präparate die Apertur des Beleuchtungskegels ungefähr ein Drittel von der Apertur des jeweilig benutzten Objektivs ausmachen soll, erfährt bei der Aufnahme von Diatomeen eine Ausnahme. Hier lassen sich allgemeine Sätze nicht aufstellen. Manche Diatomeen zeigen die ihnen eigenthümliche Streifung oder Felderung schon bei schmalen centralen Beleuchtungskegeln; bei anderen müssen Lichtkegel von ziemlicher Breite angewendet werden; wieder andere verlangen den Ausschluss der cen-

tralen Lichtkegel und alleinige Beleuchtung mit seitlich einfallendem Licht.

All diese Modifikationen lassen sich bei unseren jetzt üblichen Beleuchtungsapparaten in einfachster Weise durch Blenden erreichen. Die von drei feinen Stäbchen gehaltene, geschwärzte Metallplatte, welche den centralen Theil des Kondensors verdeckt, leitet von allen Seiten schräg einfallendes Licht auf das Präparat. Weit häufiger wird jedoch schiefe Beleuchtung dadurch gewonnen, dass man eine unter dem Kondensor angebrachte Blendung mit kleiner runder Oeffnung seitlich verschiebt, sodass nur von einer Seite Lichtbüschel einfallen. Die guten Beleuchtungsapparate besitzen eine Vorrichtung, welche die Drehung des Blendungsträgers um die Achse des Kondensors erlaubt. Auf diese Weise kann man mit der excentrisch liegenden engen Blende von jeder Seite schiefes Licht auf das Objekt dirigiren und feststellen, bei welcher Lage der Blende die Auflösung der Zeichnung die beste ist.

Man erzeugt auch schiefe Beleuchtung ohne irgendwelche Blenden im Kondensor dadurch, dass man bei der auf Seite 123 beschriebenen Anordnung das durch die Sammellinse in Nähe des Kondensors entworfene Bild der Lichtquelle durch Verschiebung der Sammellinse aus der optischen Achse des Kondensors bringt.

Wird bei schiefer Beleuchtung nur auf einen kleinen Theil der Randzone des Kondensors Licht geleitet, so wirkt auch bei den gewöhnlichen, nicht achromatischen Kondensoren die sphärische Abweichung nicht in dem Masse störend, wie bei der Beleuchtung mit breiten Strahlenkegeln. Die Benutzung achromatischer Kondensoren ist also in diesem Falle nicht geboten.

Man thut gut, sich durch Herausnahme des Okulars und Hineinblicken in den Tubus stets genau davon zu überzeugen, welcher und ein wie grosser Theil der Randzone des Objektivs hell erleuchtet ist.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass die Kieselschalen der Diatomeen je nach der Art der Beleuchtung und der Apertur des Objektivsystems ganz verschiedenartige Zeichnung darbieten. So zeigt z. B. das bekannte Probeobjekt Pleurosigma angulatum unter Benutzung von Trockensystemen oder Wasserimmersionen von nicht hoher Apertur sowohl bei centraler Beleuchtung wie bei schiefem Licht sechseckige Felder. Grosse num. Apertur ergiebt bei centraler Beleuchtung helle Kreise, zwischen denen dunkle Punkte erscheinen. Schiefe Beleuchtung zeigt bei einer Apertur bis 1,10 schachbrettartige Felderung. Ganz schiefe Beleuchtung lässt bei Apertur 1,40 ein Bild erscheinen, bei dem helle, rechteckige Felder von einem schmalen, dunklen

Streifen durchschnitten und durch letzteren mit darüber und darunter liegenden dunklen, rechteckigen Feldern verbunden werden.

Sobald Aperturen, welche grösser als 1 sind, zur Wirksamkeit gelangen sollen, ist nicht nur ein Kondensor nöthig, der eine grössere num. Apertur als 1 hat, sondern es muss auch die Frontlinse des Kondensors mit dem Objektträger durch einen Wasser- resp. Oeltropfen verbunden werden; auch dürfen nicht trocken eingebettete Diatomeen als Objekt dienen [1].

Ueber die Beleuchtung bei der Aufnahme von Amphipleura pellucida, des am schwierigsten zu lösenden Probeobjekts, mögen noch einige Bemerkungen folgen. Bei Amphipleura pellucida kommen auf 1 mm 4000 bis 4500 Querstreifen [2]; der Abstand derselben beträgt also 0,00025 bis 0,00022 mm. Da nun der kleinste, durch ein bestimmtes Objektiv zu lösende Streifenabstand e sich ergiebt für centrale Beleuchtung als Quotient der Wellenlänge (λ) durch die num. Apertur (a), für möglichst schiefe Beleuchtung als Quotient der halben Wellenlänge durch diese Apertur [3], so kann unter Zugrundelegung von weissem Tageslicht mit Wellenlänge $\lambda = 550$ (= 0,00055 mm) eine Auflösung der Streifen bei centraler Beleuchtung überhaupt nicht, bei möglichst schiefer Beleuchtung erst dann eintreten, wenn eine Apertur von mindestens 1,10 wirksam wird. Denn für centrale Beleuchtung gilt die Formel:

$$e = \frac{\lambda}{a}$$

$$0{,}00025 = \frac{0{,}00055}{a}$$

$$a = \frac{0{,}00055}{0{,}00025} = 2{,}2.$$

Das Objektivsystem, welches bei centraler Beleuchtung Amphipleura pellucida auflöst, müsste demnach eine num. Apertur von 2,2 haben. Dergleichen Objektive besitzen wir nicht; daher ist die Streifung bei centraler Beleuchtung nicht zu lösen.

---

[1]) Ueber die zur Aufnahme am meisten geeigneten Präparate Näheres in Abschnitt VIII.

[2]) Diese Zahlenangaben stützen sich auf Zählungen, welche Verf. bei zahlreichen Mikrophotogrammen vornahm, welche von Prof. van Heurck, Geheimrath Koch, Dr. Zeiss, Stabsarzt Pfeiffer und vom Verfasser selbst gefertigt waren.

[3]) Vergl. Abschnitt III S. 74.

Für möglichst schiefe Beleuchtung gilt die Formel:

$$e = \frac{\lambda}{2a}$$

$$0{,}00025 = \frac{0{,}00055}{2a}$$

$$a = \frac{0{,}00055}{2 \cdot 0{,}00025} = \frac{0{,}00055}{0{,}00050} = 1{,}10.$$

In diesem Falle wird also unter Anwendung von weissem Tageslicht die Streifung der Amphipleura gelöst, wenn eine Apertur von mindestens 1,10 zur Ausnutzung gelangt. Bei denjenigen Exemplaren dieser Diatomee, wo der Streifenabstand nur 0,00022 mm beträgt, ist sogar eine Apertur von mindestens 1,25 nöthig, denn: $a = \frac{0{,}00055}{2\ 0{,}00022} = \frac{0{,}00055}{0{,}00044} = 1{,}25$. Verwendet man kurzwelliges blaues oder violettes Licht zur Beleuchtung, so vollzieht sich die Auflösung des Streifenabstands schon bei kleineren Aperturen, wie sich aus folgender Berechnung ergiebt, bei welcher blaues Licht mit Wellenlänge 430 (= 0,00043 mm) vorausgesetzt wird: $a = \frac{0{,}00043}{2 \cdot 00025} = \frac{0{,}00043}{0{,}00050} = 0{,}86$. Hier bringt also schon eine wirksame Apertur von 0,86 bei möglichst schiefer Beleuchtung das Streifensystem zur Auflösung.

Von vielen Seiten wird die Möglichkeit, Amphipleura pellucida mit kleineren Aperturen als 1 zu lösen in Abrede gestellt. Die Zweifler verweisen wir auf Tafel I am Ende dieses Buches, wo bei der Aufnahme mit blauem Sonnenlicht von der Objektiv-Apertur 1,40 nur ein Theil wirksam wurde, welcher kleiner war als 1. Zwischen Frontlinse des Kondensors und Unterseite des Objektträgers befand sich nämlich eine Luftschicht. Wenn bei Anwendung von stärksten Trockensystemen mit Apertur 0,95 die Auflösung der Amphipleura trotz kurzwelligen Lichts allerdings nur in den seltensten Fällen gelingt, so hat das seinen Grund in der Unvollkommenheit der Korrektion der äussersten Randzone, welche bewirkt, dass das System die Grenze des Auflösungsvermögens, welche ihm theoretisch durch die Apertur gesetzt ist, nicht erreicht. Verwendet man ein System von höherer Apertur, ohne die volle Oeffnung auszunutzen, so liegt die Randzone der benutzten Oeffnung innerhalb des Gebietes vollkommener Korrektion, und die Auflösung geht daher auch bei der Apertur 0,95 glatt von Statten. Die Apochromate kommen der theoretischen Grenze des Auflösungsvermögens in Folge ihrer vortrefflichen Korrektion in der Praxis ausserordentlich nahe.

Neben der Querstreifung besitzt die Amphipleura pellucida aber noch eine sehr feine Längsstreifung, deren Lösung grössere Aperturen als 1 erfordert, bei deren Aufnahme also auch Frontlinse des Kondensors und Unterseite des Objektträgers durch einen Oeltropfen zu verbinden sind. Regelt man die Beleuchtung derart dass die einfallenden Lichtstrahlen eine der mittleren Raphe der Diatomee parallele Richtung haben, so erscheint nur die Querstreifung gelöst (Tafel I); bilden dagegen die einfallenden Strahlen mit dieser Raphe einen spitzen Winkel, so machen sich gleichzeitig die Längsstreifen bemerkbar: die ganze Oberfläche des Kieselpanzers löst sich auf in ein System von Wellenlinien und Tüpfeln (Tafel II, Figur 1). Wird der spitze Winkel zu einem rechten, so verschwinden die Querstreifen und nur die Längsstreifen verbleiben. Durch Drehung des mit einer excentrischen Blende versehenen Blendungsträgers um die optische Achse des Kondensors kann man den Winkel, welchen die einfallenden Strahlen mit der Längsachse der Diatomee bilden, beliebig von 0^0 auf 90^0 steigern.

Da es sich bei diesen Aufnahmen stets um schmale Beleuchtungskegel handelt, so ist zwar die Ebenheit der Bilder eine ungewöhnlich grosse (vergl. Tafel I), doch sind Diffraktionssäume um so schwerer zu vermeiden, als das verwendete Licht ein sehr intensives ist. Diese Diffraktionssäume, welche jede Art der Zeichnung vortäuschen können, charakterisiren sich dadurch, dass sie nicht nur innerhalb sondern auch ausserhalb der Kieselschale auftreten. Ganz zu vermeiden sind sie bei schiefer Beleuchtung und schmalen Lichtkegeln niemals, doch ist es ein gewaltiger Unterschied, ob sie derart überwiegen, dass die ganze vorhandene Zeichnnng offenbar nur durch sie hervorgerufen ist, oder ob sie gleichsam eine unscheinbare Zugabe des Bildes darstellen. In nicht wenigen Fällen hält es sehr schwer, mit Sicherheit zu entscheiden, wieviel von der Zeichnung auf Rechnung der Interferenzlinien zu setzen ist. Zahl, Breite und regelmässige Anordnung der Streifen dürften kaum zuverlässige Merkmale für die Beurtheilung abgeben. Mitunter wird das Verschwinden der Streifen bei Erweiterung des einfallenden Lichtkegels über die Natur der Streifung Aufklärung verschaffen, doch darf man nicht vergessen, dass eine Erweiterung des Beleuchtungskegels schliesslich auch die in Wirklichkeit vorhandene Streifung zum Verschwinden bringen muss. Den besten Anhalt hat man immer an den ausserhalb der Kieselschale auftretenden Linien. Wer daher, wie es leider wiederholt bei Photogrammen, welche für die Struktur der Diatomeen beweisend sein sollten, geschehen ist, das Gesichtsfeld bis nahe an den Rand der Kieselschale abdeckt, macht seine Bilder völlig

werthlos, indem er jede Kritik über die Natur der vorhandenen Streifen abschneidet. Ein Photogramm von Amphipleura pellucida ist um so werthvoller, je weniger austretende Diffraktionslinien sich bemerkbar machen.

In ganz ähnlicher Weise wie bei der soeben besprochenen Aufnahme von Amphipleura pellucida hat man zu verfahren, wenn es sich um Herstellung eines Photogramms von irgend einer anderen Diatomee handelt. Das Gelingen eines guten Bildes hängt stets von der richtigen Beleuchtung des Objekts ab.

---

2. Beleuchtung mit auffallendem Licht.

Die Beleuchtung mikroskopischer Objekte mit auffallendem Licht spielte vor Jahrzehnten eine grosse Rolle. Jetzt tritt dieselbe — wohl mit Recht — völlig in den Hintergrund und wird fast nur noch bei Aufnahme von ganz undurchsichtigen Präparaten (von Metallen u. dergl.) geübt.

Am einfachsten erhält man auffallendes Licht dadurch, dass die Lichtquelle, eine kleine Glühlampe, wie in Figur 28 auf Seite 85 dargestellt, dicht oberhalb des Objekttisches befestigt wird. Natürlich darf man sich hierbei Objekt und Objektivsystem nicht durch die Wärmestrahlen verderben lassen. Um die Nähe der Lichtquelle zu vermeiden und auch eine möglichst intensive Beleuchtung mit Sonnenlicht herbeiführen zu können, verwendete man Sammellinsen. Moitessier (a. a. O. S. 84) giebt hierfür eine besondere Konstruktion an, welche gestattet, das Licht in jeder beliebigen Richtung auf das Objekt zu werfen: Das Sonnenlicht wird durch einen Planspiegel auf eine achromatische Sammellinse von 30 cm Brennweite reflektirt. Die Linse lässt sich an einer vertikalen Stange auf- und abschieben. Ein an derselben Stange angebrachter horizontaler verschiebbarer Arm trägt einen kleinen, frei beweglichen Planspiegel, mittelst dessen man das von der Sammellinse kommende Licht in beliebiger Richtung auf das Präparat wirft. Die mit dieser Beleuchtungsart gewonnenen Bilder erscheinen hell auf schwarzem Grunde und besitzen eine unangenehme Härte. Man vermeidet letztere, wenn man mittelst eines kleinen, unter dem Objekttische befindlichen Spiegels mehr oder minder reichlich durchfallendes

Licht hinzufügt; hierdurch kann man selbst ganz weissen Grund erhalten.

Nachet [1] konstruirte einen besonderen mikrophotographischen Apparat für Beleuchtung mit auffallendem Licht, bei dem er den sogen. Lieberkühn'schen Spiegel [2] verwendete: Die Kamera hat vertikale Stellung, jedoch derart, dass sich der für die Aufnahme der matten Scheibe und der Kassette bestimmte Rahmen unten, das umgekehrte Mikroskop aber oben befindet. Das Objektiv ist in dem durchbohrten Lieberkühn'schen Konkavspiegel angebracht, welch letzterer das von einem Planspiegel erhaltene Licht so reflektirt, dass die Strahlen das Objekt hell erleuchten. Das Präparat ruht auf zwei gläsernen Armen, welche das von dem Planspiegel kommende Licht nicht hindern, auf den Lieberkühn'schen Spiegel zu fallen. Zur Einstellung auf der Visirscheibe dient ein schwach vergrösserndes Fernrohr, welches die Wand der Kamera durchbohrt.

Nach Moitessier hat die Beleuchtung durch den Lieberkühn'schen Spiegel den Nachtheil, dass von allen Seiten Licht auf das Objekt gelangt, was dem Bilde ein unnatürliches Aussehen geben soll.

Selbstverständlich sind die beschriebenen Beleuchtungsmethoden nur beim Gebrauch von Objektiven mit grosser Brennweite anwendbar. Für stärkere Objektive würde die Lichtintensität zu gering sein, und bei dem kurzen Abstande vom Objekt würde das Licht gehindert werden, auf das Präparat zu fallen.

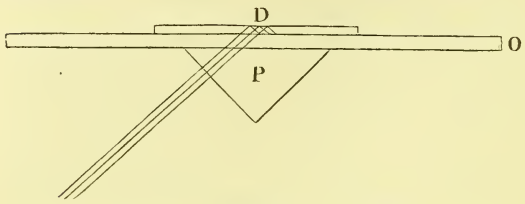
Um diese Schwierigkeiten zu beseitigen, griff man zu einer eigenartigen Beleuchtung, bei der das Licht von unten kommt, und dennoch eine Beleuchtung nicht mit durchfallendem, sondern mit auffallendem Licht herbeiführt. Der Gedanke, die totale Reflexion der Strahlen an der Oberseite des Deckgläschens zur Beleuchtung des Präparats zu benutzen, rührt von Wenham [3] her. Derselbe befestigte mit Kanadabalsam an der Unterseite des Objektträgers *O* die Hypotenusenfläche eines rechtwinkligen Prismas *P* (Figur 44). Hat die ganze durchsichtige Masse vom Prisma bis zum Deckgläschen einen ziemlich gleichen Brechungsindex (das Objekt darf natürlich nicht trocken liegen), so wird ein Strahlenbündel, welches auf eine der dem rechten Winkel des Prismas angehörigen Seiten senkrecht fällt, an der Oberseite des Deckgläschens *D* totale Reflexion erleiden und das Objekt von oben

[1]) Moitessier, a. a. O. S. 82.

[2]) Dieser Spiegel ist ursprünglich nicht von Lieberkühn, sondern von Leeuwenhoek angegeben worden (vergl. Harting, Das Mikroskop Bd. III, S. 39).

[3]) Quarterly Journal of microsc. Sc. 1856, July, n. 16; Transactions p. 55.

her erleuchten. Um nicht nur von einer, sondern von allen Seiten Oberlicht auf das Päparat zu schicken, ersetzte Wenham später das Prisma durch eine parabolische Linse, deren abgeschliffene Spitze durch Kanadabalsam mit dem Objektträger verbunden und deren untere Fläche in der Mitte durch eine schwarze Scheibe bedeckt wurde. Auf diese Weise werden die centralen Strahlen abgehalten, während die seitlich einfallenden im Deckgläschen totale Reflexion erleiden.



44.

Der Beleuchtung mit auffallendem Licht in ihrer Wirkung ganz ähnlich ist die sogenannte Dunkelfeldbeleuchtung, bei der ebenfalls nur so schräg einfallende Strahlen auf das Objekt geleitet werden, dass dieselben in das Objektiv nicht einzutreten vermögen. Die bekannteste, diesem Zwecke dienende Vorrichtung ist von Nachet angegeben (éclairage à fond noir) und besteht in einem gläsernen Kegel, dessen dem Objekte zugekehrte Basis eine konvexe Linsenfläche bildet, welch letztere in ihrer Mitte durch schwarzen Firnis undurchsichtig gemacht ist. Dieser Kegel wird mit seiner abgestumpften Spitze nach abwärts gerichtet an Stelle des Kondensors unter dem Objekttisch befestigt.

Gegenwärtig bedient man sich zur Dunkelfeldbeleuchtung allgemein des Abbe'schen Beleuchtungsapparats, und hält die centralen Lichtbündel, welche eine Erleuchtung des Präparats mit durchfallendem Licht herbeiführen würden, durch scheibenförmige, unter dem Kondensor central angebrachte Blenden ab. Hierbei werden die seitlich einfallenden Strahlen, welche direkt in das Objektiv nicht eintreten können auf der Oberfläche und im Innern eines stark lichtbrechenden Objekts reflektirt und lassen daher das Objekt hell erscheinen, während der Grund dunkel bleibt. Bei gefärbten Präparaten, bei denen die Bilderzeugung lediglich auf Absorptionswirkung verschiedener Strahlengattungen gegründet ist, kann auf diesem Wege eine Erhellung des Objekts nicht stattfinden.

Erscheint bei Anwendung eines Objektivs von geringer num. Apertur das auf angegebene Weise erleuchtete Objekt hell auf dunklem Grunde, so schwindet, ohne dass man an dem Beleuchtungsapparat

irgend etwas ändert, der eigenthümliche Lichteffekt sofort, sobald man ein Objektiv von höherer Apertur an den Tubus anschraubt; denn nunmehr können schräg einfallende Strahlen, welche vorher in das Objektiv nicht eintraten, von letzterem aufgenommen werden; das Präparat erscheint daher in gewöhnlicher Weise hell auf hellem Grunde. Um hier die Dunkelfeldbeleuchtung wiederherzustellen, müsste man entweder die scheibenförmige Blende unter dem Kondensor durch eine grössere ersetzen, oder die Apertur des Objektivs dadurch verkleinern, dass man unmittelbar über der obersten Linse desselben kleine Blenden auflegt.

Verbindet man die Frontlinse des Kondensors mit der Unterseite des Objektträgers durch einen Wasser- oder Oeltropfen, oder, wie dies Wenham bei seiner parabolischen Beleuchtungslinse gethan hatte, durch Kanadabalsam, so können, wofern nur der Beleuchtungsapparat eine genügend hohe Apertur hat, so schiefe Strahlen in das Präparat gelangen, dass dieselben an der Oberseite des Deckgläschens totale Reflexion erleiden und das Objekt auch von oben erleuchten. Natürlich findet dies nur statt, wenn nicht Immersionssysteme zur Beobachtung dienen.

Dunkelfeldbeleuchtung und Beleuchtung mit auffallendem Licht sind nicht grundsätzlich verschieden. In beiden Fällen erscheint das Objekt nur deshalb hell, weil ein Theil der Strahlen an der Oberfläche und im Innern desselben reflektirt wird. Ob hierbei die Strahlen von oben oder von der Seite auf das Objekt fallen, ist für das Endergebnis gleichgiltig.

Zum Photographiren der Anlauffarben von Eisenflächen, das wegen der Undurchsichtigkeit der Objekte ebenfalls bei auffallendem Lichte zu geschehen hat, konstruirten Schmidt & Haensch [1] in Berlin eine besondere Beleuchtungsvorrichtung.

Nach den Untersuchungen von Wedding werden die Einzelheiten der Mikrostruktur des Eisens in viel höherem Masse sichtbar, wenn die angelaufene, polirte Eisenfläche schräg gegen die Achse des Mikroskops geneigt ist, als wenn das Objekt sich in gewöhnlicher Lage befindet. Bei der Schrägstellung des Präparats würde jedoch von der ganzen Fläche nur eine einzige, quer über das Gesichtsfeld verlaufende Linie im Photogramm scharf wiedergegeben werden. Um dies zu vermeiden und dennoch denselben Beleuchtungseffekt zu erzielen, wie bei der Schrägstellung des Objekts, brachten Schmidt & Haensch zwischen Präparat und Objektiv ein planparalleles Glas an, welches

[1]) Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie Bd. V, 1888, S. 225.

unter einem Winkel von 45 ^{0} gegen die Achse des Mikroskops geneigt ist, durch welches man also bei der Okularbeobachtung des Objekts hindurchzuschauen hat. Auf die dem Objekt zugekehrte Seite der Glasplatte leitet man helles Licht, das zum Theil auf das Objekt reflektirt wird und hierbei die Eisenfläche in ihren eigenthümlichen Anlauffarben erscheinen lässt. Wegen der erheblichen bei dieser Methode auftretenden Lichtverluste kann nur sehr intensives Licht, z. B. Sonnenlicht oder Zirkonlicht, zur Beleuchtung verwendet werden.

FÜNFTER ABSCHNITT.

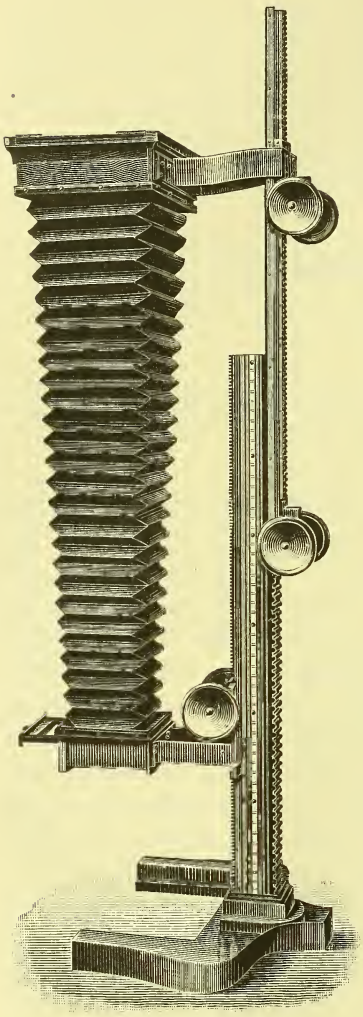
Vorrichtungen für besondere Zwecke.

1. Aufnahme von Objekten, die in flüssigen Medien eingebettet sind.

Liegen die Objekte in sehr dünner Schicht eines flüssigen Mediums (Wasser, Glycerin u. dergl.), so kann man in Folge von Adhäsion des Deckglases das Präparat ohne Schaden in vertikale Lage bringen und mit wagerechtem Apparat aufnehmen. Hierbei empfiehlt es sich, um auch geringfügigen Verschiebungen vorzubeugen, das Deckglas durch etwas Wachs am Objektträger zu befestigen. Ist jedoch die Dicke der Flüssigkeitsschicht eine beträchtliche, wie z. B. bei Objekten im hängenden Tropfen, so muss das Mikroskop auf jeden Fall aufrecht stehen. Um unter diesen Verhältnissen die Vortheile der horizontalen Kamera nicht aufzugeben, müsste man, wie dies schon Pohl und Weselsky thaten (Figur 2), oben am Tubus ein Prisma mit totaler Reflexion anbringen. Doch das hat aus dem auf Seite 4 angegebenen Grunde seine Schattenseiten. Man bedient sich also im vorliegenden Falle lieber der senkrechten Kamera.

Hier treten die Apparate in ihre Rechte, welche sich wie diejenigen von Fritsch (Figur 11, 12) und Zeiss (Figur 17, 18) aus der wagerechten Anordnung leicht in die senkrechte überführen lassen. Wer einen derartigen Apparat nicht besitzt, kann sich bei schwachen und mittelstarken Vergrösserungen mit einer Anordnung behelfen, wie sie auf Seite 7 (Figur 5) beschrieben wurde. Arbeitet man mit Immersionen, oder wird ein Plattenabstand von beträchtlicher Länge nothwendig, so ist die Kamera durch ein festes Stativ zu stützen. Sehr

brauchbar erweist sich für diese Zwecke die von Stegemann in Berlin (Oranienstr. 151) gefertigte Kamera (Figur 45). Der Balg lässt sich bis auf 1 m Länge ausziehen. An den Zahnstangen der auf schwerem Hufeisenfuss angebrachten Metallsäule ist sowohl das untere wie das obere Ende der Kamera auf und ab zu bewegen.



45.

Ein von O. Israel[1] zu demselben Zwecke konstruirter, von Stenglein[2] in nebensächlichen Punkten abgeänderter Apparat, besteht im Wesentlichen aus einer langen Balgkamera, die man vermittelst eines schweren, gusseisernen Stativs in senkrechter Lage fixirt.

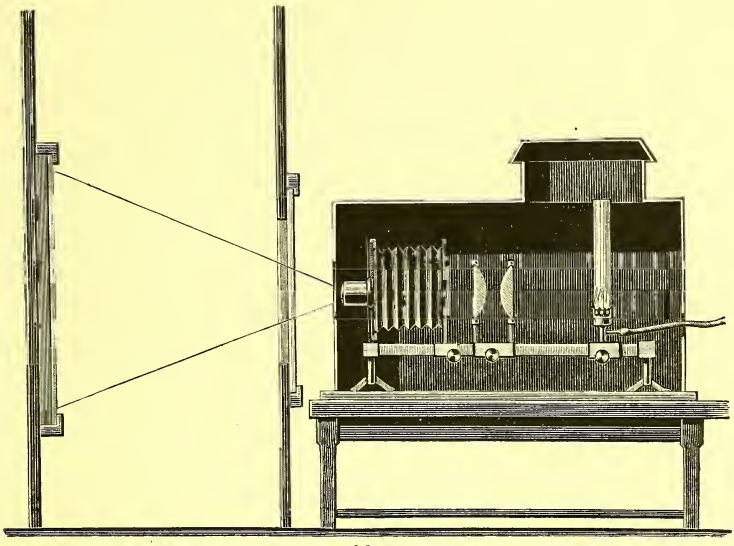
2. Apparat zum Photographiren embryonaler Schnittreihen.

Die im Folgenden zu beschreibende, von Prof. His angegebene Vorrichtung zum Photographiren embryonaler Schnittreihen weicht zwar nicht wesentlich von anderen Apparaten für ganz schwache Vergrösserungen ab, doch ist die ganze Anordnung eine derart zweckmässige und besonders den Bedürfnissen des Embryologen entsprechende, dass wir nicht unterlassen können, auf den Gegenstand genauer einzugehen.

[1]) Virchow's Archiv Bd. CVI, 1886, S. 502.

[2]) Stenglein, M., u. Schultz-Hencke, Anleitung zur Ausführung mikrophotographischer Arbeiten S. 10. Berlin 1887, Parey.

Nach der Methode von His[1], bei der es sich um 10 bis 15fache Linearvergrösserung handelt, kommen sämmtliche Schnitte eines Objektträgers gleichzeitig zur Reproduktion. Eine auf zwei Füssen ruhende Zahnstange trägt an ihrem vorderen Ende (Figur 46) eine Platte mit dem photographischen Objektiv; eine zweite durch Trieb bewegliche und mit centraler Oeffnung versehene Platte dient als Objektträger; sie ist durch einen Balg mit der ersteren verbunden. Als Lichtquelle dient ein längs der Zahnstange verschiebbarer Argandbrenner, dessen Strahlen durch eine Doppellinse von 11,5 cm Durchmesser



46.

und 8 cm gemeinsamer Brennweite gesammelt und dem Objekte zugeführt werden. Zur Vermeidung falscher Lichtreflexe ist der Apparat mit einem Blechgehäuse umgeben, an welchem eine breite Klappe angebracht ist, um den einzelnen Theilen von der Seite her beizukommen. Als Objektiv benutzt His einen Steinheil'schen Antiplanet von 12 cm Brennweite, oder einen Aplanat derselben Fabrik von 14 cm. — Letzteres System, etwas lichtschwächer als das erstere, hat den Vorzug einer nicht allein korrekten sondern auch sehr gleichmässig scharfen Zeichnung. Bildgrösse und Bildabstand bewegen sich unter den ge-

[1]) Archiv für Anatomie und Physiologie, Anatomische Abtheilung 1887, S. 174.

gebenen Verhältnissen innerhalb relativ grosser Dimensionen und die Anwendung einer gewöhnlichen photographischen Kamera wird daher unbequem. His benutzt die Wand der Dunkelkammer als Aufnahmefläche. Zu dem Zweck theilt er die Dunkelkammer durch eine mit Thür und Schieber versehene Wand in zwei Hälften. Die vordere Kammer enthält den Projektionsapparat; an der Rückwand der hinteren Kammer befindet sich die Bildfläche. Durch den beweglichen Schieber in der Zwischenwand bestimmt man den Beginn und den Schluss der Belichtung. Der Projektionsapparat ruht auf einem Brett und kann mittelst Führung auf einem Holzgestell hin- und hergleiten. Die grobe Einstellung für eine bestimmte Vergrösserung geschieht durch Verschiebung des den Apparat tragenden Brettes; überdies dient zur Einstellung die den Objektträger bewegende Schraube. Die feinste Regulirung der Bildschärfe wird bewirkt durch Drehen des Objektivs innerhalb einer mit engem Schraubengewinde versehenen Hülse. Einmalige scharfe Einstellung des Bildes genügt, um eine ganze Reihe von Aufnahmen hintereinander zu machen; es ist daher auch am Besten, die derselben Schnittreihe angehörigen Bilder hintereinander zu photographiren, ohne an dem einmal eingestellten Apparat etwas zu verändern. Eine weitere Bequemlichkeit der ganzen Einrichtung liegt darin, dass man nur ein Mal die Zeit der Belichtung auszuprobiren hat. His projicirt das Bild auf Eastman'sches Bromsilberpapier, welches er mittelst einiger Heftstifte oder in einem grossen Kopirrahmen an der Wand der Dunkelkammer befestigt. Die Zeit der Belichtung wechselt nach der gewählten Vergrösserung und der angewandten Blende. Mit dem Steinheil'schen Aplanat und mit Blende IV verlangt beispielsweise eine zehnmalige Vergrösserung eine Belichtung von 6 bis 8 Minuten. Der durch stärkere Belichtung erreichbare dunklere Grund sieht im Allgemeinen eleganter aus als der graue Ton schwächer belichteter Aufnahmen; indessen gehen bei kräftigerer Belichtung leicht die feineren Einzelheiten verloren. Die Bilder sind natürlich negativ, das heisst die Schnitte erscheinen hell auf dunklem Grunde. Dies ist für die allgemeine Formbeurtheilung sowie für Messungen völlig gleichgiltig. Will man Positivbilder haben, so sind solche leicht erhältlich, denn das Eastman-Papier ist auch in ungeöltem Zustande hinreichend durchsichtig, um Kopiren zu gestatten. Der Vortheil den man hat, wenn man die Blätter mit den Schnittbildern neben einander legen und somit grosse Reihen auf ein Mal übersehen kann, ist ein hoch anzuschlagender. Besonders aber wird ein solches Material für Rekonstruktionen aller Art unschätzbar.

3. Vorrichtungen zu Augenblicks-Aufnahmen.

Um mikroskopisch kleine, bewegliche Lebewesen, wie schwimmende Spermatozoen, Infusorien und Bakterien zu photographiren, bedarf man besonderer Vorrichtungen. Voraussetzung ist hierbei immer die Verwendung eines so intensiven Lichts, dass Bruchtheile von Sekunden ausreichen, um die Platte durchzuexponiren.

Bertsch[1], einer der Ersten, die sich überhaupt mit Mikrophotographie beschäftigten, schlägt vor, zwischen Lichtquelle und Objekt folgenden Momentverschluss anzubringen: Eine kreisrunde Scheibe von geschwärztem Messing trägt an ihrem Rande eine mehrere Quadratcentimeter grosse, runde Oeffnung. In ihrem Centrum ist die Scheibe von einer Achse durchbohrt, welche auf der einen Seite in einer Federkapsel steckt. Die in der Kapsel befindliche Feder wird durch einmalige Drehung der Scheibe gespannt und lässt bei Druck auf einen Abzug die Scheibe eine Drehung in entgegengesetzter Richtung ausführen. Stellt man diese Vorrichtung so zwischen Lichtquelle und Objekt auf, dass letzteres verdunkelt ist und lässt dann die Scheibe durch Entspannen der Feder sich schnell um ihre Achse drehen, so fällt während einer sehr kurzen Zeit durch die Oeffnung in der Scheibe Licht auf das Objekt.

Benecke[2] nimmt an diesem Momentverschluss eine Abänderung vor, um die Zeit der Lichtwirkung innerhalb gewisser Grenzen variiren zu können: Die Spiralfeder ist hinreichend lang zu wählen, um, wenn sie vollständig gespannt ist, die Messingscheibe 12 Mal um ihre Achse rotiren zu lassen. Nach jeder Umdrehung wird die Scheibe durch einen federnden Eingriff festgehalten, der zum Zweck einer neuen Umdrehung durch einen Abzug zu lösen ist. Bei jeder neuen Umdrehung vermindert sich die Geschwindigkeit wegen der geringeren Kraft der sich mehr und mehr entspannenden Feder, die Belichtungszeit wird daher länger. Wenn sich nun eine lichtempfindliche Platte bei der ersten Rotation als unterexponirt erweist, so wiederholt man die Aufnahme mit hinreichend entspannter Feder.

Moitessier[3] schlägt vor, den Augenblicksverschluss mit Hilfe eines Pistolenschlosses herzustellen, auf dessen Hahn eine geschwärzte,

---

[1]) Moitessier a. a. O. S. 290.

[2]) Benecke, Die Photographie als Hilfsmittel photographischer Forschung S. 156.

[3]) Moitessier a. a. O. S. 290.

mit passender Oeffnung versehene Pappscheibe befestigt ist. Beim Abdrücken der Pistole gestattet diese Oeffnung dem Licht für einen Augenblick Zutritt zum Objekt.

Zum Erreichen des gleichen Zieles könnte man natürlich jeden der zahllosen, besonders in neuester Zeit für die Augenblicksphotographie empfohlenen Momentverschlüsse anwenden. Es leuchtet jedoch ein, dass man bei dieser Methode völlig im Dunkeln tappt und dem Zufall überlässt, ob der aufzunehmende Gegenstand sich während der Belichtung überhaupt im Gesichtsfeld befindet.

Stenglein [1] will zur Herstellung von Moment-Mikrophotogrammen ein Licht benutzen, welches nur für einen Augenblick aufleuchtet, nämlich das in der Photographie vielfach verwendete Magnesium-Blitzlicht von Gaedicke und Miethe. Diese Methode besitzt dem einfachen Momentverschluss gegenüber nicht die mindesten Vortheile. Ueberdies ist es aus früher erörterten optischen Gründen überhaupt nicht möglich, in der von Stenglein vorgeschlagenen Weise mit Blitzlicht ein brauchbares Mikrophotogramm zu erhalten.

Bei der Herstellung von Augenblicksaufnahmen ging zuerst Bourmans [2] methodisch zu Werke, indem er ein Mikroskop konstruirte, welches gestattet, gleichzeitig zu beobachten und zu photographiren. Er brachte oben am vertikalen Tubus rechtwinklig einen Seitentubus an und setzte letzteren mit der photographischen Kamera in Verbindung. Eine in Höhe der Abzweigung dieses Seitentubus im Haupttubus befindliche, mit sehr dünner Silberschicht überzogene Spiegelglasplatte leitet den grössten Theil der Strahlen (angeblich 75 %) durch den Seitentubus in die Kamera. Der Rest des Lichts tritt durch den Spiegel hindurch und gelangt in das für den Beobachter bestimmte Okular. Sobald sich das Objekt in einer für die Aufnahme geeigneten Lage befindet, wird ein vor der Kamera angebrachter Momentverschluss ausgelöst und die Platte erhält durch den Seitentubus Licht. Der durch die unvollkommene Spiegelung herbeigeführte, sehr erhebliche Lichtverlust machte eine Verbesserung dieser Vorrichtung wünschenswerth, was denn auch durch den Apparat von Nachet [3], dessen Mikroskop einen Haupt- und einen Seitentubus besitzt, erreicht wurde: Ein unmittelbar über dem Objektiv angebrachtes Prisma leitet die Strahlen

---

[1]) Stenglein, Versuche über mikroskopische Moment-Photographie (Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde Bd. III, S. 188, Nr. 21 u. 22).

[2]) Girard, La chambre noire p. 58-60. 1870.

[3]) Nachet, Catalogue no. 29, p. 28. Paris 1886. — Journ. R. Microsc. Soc. Ser. II, vol. VI, 1886, pt. 5 p. 842.

in den mit gewöhnlichem Okular versehenen Seitentubus. Die am oberen Ende des Haupttubus befindliche mikrophotographische Kamera ruht auf vier Säulen. Der Beobachter blickt in den Seitentubus und schiebt, sobald das zu photographirende Objekt im Gesichtsfeld erscheint, durch leichten Druck auf eine Feder das Prisma zur Seite. Alle Strahlen treten nunmehr in den Haupttubus; doch empfängt die lichtempfindliche Platte nur für einen Augenblick Licht; im nächsten Moment ist das Gesichtsfeld wieder verdunkelt.

In der Folgezeit erstrebten Dr. C. Viguier [1], Marktanner-Turneretscher [2] und Capranica [3] durch ähnliche Vorrichtungen dasselbe Ziel.

Marktanner, der sich in der Hauptsache an das Modell von Nachet anlehnt, bringt zwischen Lichtquelle und Objekt eine Scheibe aus Opalglas an, welche den aufzunehmenden Gegenstand während der Beobachtung vor allzu grellem Licht schützen soll. In demselben Augenblick, wo der Beobachter durch Druck auf einen Gummiball das total reflektirende Prisma bei Seite schiebt, damit die Lichtstrahlen in den Haupttubus und auf die lichtempfindliche Platte gelangen können, schnellt auch die Opalscheibe bei Seite und das Objekt wird für einen Moment mit voller Sonne beleuchtet.

Man machte dem Apparat von Nachet den Vorwurf, dass die Bewegung des unmittelbar über dem Objektiv angebrachten Prismas und der an derselben Stelle befindlichen Vorrichtung zur nachfolgenden Verdunklung des Gesichtsfeldes eine Erschütterung zur Folge hat. Dies ist keineswegs zutreffend: ein sorgfältig arbeitender Mechaniker erreicht, dass Alles leicht und glatt, ohne Erschütterung zu verursachen, funktionirt. Daher liegt kein Grund vor, auf die so nachtheilige Spaltung des Lichtkegels durch Spiegel, oder wie Capranica will, durch ein stereoskopisches Okular nach Abbe (Figur 57) zurückzugreifen. Kommt hierbei auch die Bewegung des Prismas in Fortfall, so bleibt doch die Nothwendigkeit einen Momentverschluss auszulösen, was besonders dann Erschütterungen verursacht, wenn sich, wie bei der Anordnung von Capranica, der Momentverschluss in der Kassette unmittelbar vor der Platte befindet und die Kamera mit dem Mikroskop fest verschraubt ist.

Es wurden auch Versuche unternommen, von beweglichen Mikroorganismen mehrere Bilder kurz hinter einander zu fertigen, wie dies in

[1]) La nature 16ème année, 1888, p. 389-391.

[2]) Bulletin Soc. Belge de Microsc. t. XV, 1889, p. 4.

[3]) Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie Bd. VI, 1889, S. 1.

vortrefflicher Weise durch Ottomar Anschütz in Lissa bei springenden Pferden, Hunden u. s. w. geschah. Indem nun Errera [1] vorschlägt, den Apparat, dessen sich Anschütz bedient, so umzuändern, dass er für mikrophotographische Aufnahmen verwendbar wird, verräth derselbe seine völlige Unkenntnis aller einschlägigen Verhältnisse. Anschütz richtet 20 bis 24 Apparate auf denselben Gegenstand und belichtet die verschiedenen Platten innerhalb 2 Sekunden nach einander. Auf ein mikroskopisches Objekt wird man niemals zwei Dutzend Objektive gleichzeitig einstellen können.

Dem Mikrophotographen bleibt also nichts weiter übrig, als seine Kamera derart zu bauen, dass man mit derselben schnell hinter einander mehrere Platten oder verschiedene Abschnitte derselben Platte zu belichten vermag. Capranica [2] ersann hierfür eine Einrichtung, welche sich in Bezug auf Kassette und Momentverschluss eng an die von Freunden der Photographie vielfach benutzte Stirn'sche Geheimkamera anlehnt. Aus der unklaren, mit einer Abbildung nicht ausgestatteten Beschreibung, welche Capranica von seinem Apparate giebt, scheint hervorzugehen, dass derselbe auf ein vertikal stehendes Mikroskop ein binokuläres, stereoskopisches Okular von Zeiss setzt. Nach Abnahme des in der Richtung der centralen, optischen Achse gelegenen Okulars bringt er an die Stelle des letzteren ein kurzes Rohr; dasselbe trifft im rechten Winkel auf ein ebenfalls kurzes, von dem Stirnbrett einer horizontalen Kamera ausgehendes Rohr. Wo die beiden Rohre zusammenstossen ist ein total reflektirendes Prisma angebracht, welches den einen Theil der vom Objektiv kommenden Strahlen in die Kamera leitet; der andere Theil der Strahlen wird durch die Prismenkombination im stereoskopischen Okular dem für das Auge des Beobachters bestimmten, gegen die optische Hauptachse geneigt stehenden Okular zugeführt. Letzteres lässt Capranica nicht an seiner ursprünglichen Stelle unmittelbar über dem Prisma. Vielmehr schaltet er zwischen dem Prisma und dem Okular einen ausziehbaren Tubus ein, der durch andere Tuben von derselben Weite aber von verschiedener Länge ersetzt werden kann. Durch passendes Verlängern dieses ausziehbaren Tubus will Capranica die gleichzeitige scharfe Einstellung des Bildes auf der Visirscheibe und auf der Netzhaut des beobachtenden Auges erreichen.

Die in der Kassette befindliche kreisrunde, lichtempfindliche Platte

---

[1]) Journ. R. Microsc. Soc. 1888, pt. 5 p. 812.

[2]) Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie Bd. VI, 1889, S. 14.

lässt sich durch ein hinter derselben angebrachtes Uhrwerk, dessen Gang man jederzeit pneumatisch unterbrechen kann, in drehende Bewegung versetzen. Auf der vorderen Seite ist die Kassette genau wie bei dem Stirn'schen Apparat, durch ein Brettchen geschlossen, welches eine etwa Fünfmarkstück grosse, excentrisch angebrachte, kreisrunde Oeffnung besitzt. Hierdurch wird die Möglichkeit gegeben, auf der sich drehenden Platte der Reihe nach sechs Aufnahmen zu machen.

Der demjenigen von Stirn ganz analoge, unmittelbar vor der lichtempfindlichen Platte angebrachte Momentverschluss besteht aus einer durch Federkraft rotirenden, mit Ausschnitt versehenen Blechscheibe. Das Arbeiten mit diesem Apparate stellt sich also folgendermassen: Der Beobachter kontrollirt das Objekt durch den Nebentubus und löst im geeigneten Augenblick den Momentverschluss aus. Darauf tritt das Uhrwerk in Thätigkeit und die lichtempfindliche Platte dreht sich um den sechsten Theil ihres Umfangs; nun abermals Belichtung und so fort, bis sechs Aufnahmen geschehen sind. Dann muss die Platte durch eine neue ersetzt werden.

Um ohne Unterbrechung eine sehr viel grössere Anzahl von Belichtungen stattfinden zu lassen, ersetzt Capranica den Rahmen mit der lichtempfindlichen, runden Platte durch eine sogenannte Rollkassette, welche einen langen Streifen von lichtempfindlichem Negativpapier enthält. Das Uhrwerk, welches vorhin die Platte drehte, muss nun die Rollen derart in Bewegung setzen, dass zu jeder neuen Aufnahme ein noch nicht belichteter Abschnitt des Negativpapiers exponirt werden kann. Capranica giebt an, dass sein derart hergerichteter Apparat in einer Minute 250, in jeder Sekunde also mehr als vier Expositionen gestattet.

Capranica's Apparat liefert unmöglich brauchbare Resultate. Die starken Lichtverluste durch Theilung des Lichtkegels im stereoskopischen Okular und beim Passiren der verschiedenen Prismen lassen sich vielleicht bei Anwendung von sehr intensivem Licht verschmerzen; doch kann die Rotation der Scheibe und des Moment-Verschlusses, ebenso wie das Abrollen des Negativ-Papiers niemals ohne irgendwelche Erschütterungen vor sich gehen. Der Stirn'sche Moment-Verschluss erschüttert zwar die Kamera *während* der Exposition nicht, wohl aber *nach* derselben, wo er mit einem fühlbaren Ruck zum Stillstand kommt. Der Einwand, dass wegen der sehr kurzen Belichtungszeit Erschütterungen des Apparats auf die Bildschärfe keinen nachtheiligen Einfluss ausüben, ist nicht stichhaltig; denn die Erfahrung lehrt, dass selbst bei sehr kurzer Exposition nur dann scharfe Bilder

erzielt werden, wenn sich die Platte während der Belichtung in Ruhe befindet. Fortwährende Vibrationen müssen die angeblichen vier Aufnahmen in jeder Sekunde um so mehr zur Unmöglichkeit machen, als in Folge der festen Verbindung von Mikroskop und Kamera die Schwingungen der letzteren sich auf das Mikroskop fortpflanzen.

Im Interesse der hochinteressanten Sache wäre es wünschenswerth gewesen, dass Capranica einige seiner Momentbilder weiteren Kreisen zugänglich gemacht hätte. Vor dem schwarz auf weiss geführten Beweise muss jeder Zweifel verstummen. Leider war Capranica mit seinen Resultaten bisher völlig zurückhaltend.

An folgenden Grundsätzen muss unbedingt festgehalten werden, will man in der von Capranica beabsichtigten Weise Reihen von Momentaufnahmen beweglicher Mikroorganismen fertigen:

Mikroskop und Kamera sind auf's Strengste von einander zu sondern; die lichtdichte Verbindung beider Theile hat in der auf Seite 21 (Figur 13) beschriebenen Weise zu geschehen. Erweist sich die Aufnahme mit horizontalem Apparat als unmöglich — sehr viele, in flüssigen Medien eingebettete Objekte können auch mit horizontalem Apparat photographirt werden — so ist eine solide vertikale Kamera zu wählen, welche mit dem Mikroskop wenn möglich zur ebenen Erde auf schwerer Steinplatte Aufstellung findet. Die nicht zu umgehende Kontrolle des Objects während, oder vielmehr kurz vor der Aufnahme kann nur mit Hilfe der von Nachet angegebenen, auf Seite 146 beschriebenen Vorrichtung geschehen, die jedoch derart abzuändern wäre, dass das Prisma, welches bei bestimmter Stellung die Strahlen in den für den Beobachter bestimmten Seitentubus leitet, den durch den Haupttubus zur Kamera gelangenden Strahlen nicht nur für einen Augenblick, sondern beliebig lange freien Zutritt zur Platte gestattet. Hat man den Moment abgepasst, wo das zu photographirende, bewegliche Objekt sich in einer für die Aufnahme günstigen Stellung befindet, so möge man ohne Kontrolle mehrere, kurz auf einander folgende Expositionen geschehen lassen und dann erst nach Zurückbringen des Prismas in die hierfür nöthige Stellung sich davon überzeugen, ob die Belichtungen fortgesetzt werden können oder zu unterbrechen sind. Abgesehen davon, dass auf diese Weise die durch das stereoskopische Okular herbeigeführten starken Lichtverluste vermieden werden, halten wir die Kontrolle des Objekts *während* der Aufnahme für vollkommen illusorisch. Wenn Capranica vier Mal in der Sekunde durch Druck auf die Gummibirne den Momentverschluss auslöst und die lichtempfindliche Platte rotiren lässt, so wird, falls seine Fingerfertigkeit

ihm dies Kunststück überhaupt gestattet, seine Aufmerksamkeit hierdurch vollständig in Anspruch genommen und von dem Objekt abgelenkt.

Den rotirenden Momentverschluss in der Kamera anzubringen halten wir für gänzlich unzulässig. Ihm gebührt ein Platz zwischen Lichtquelle und Objekt, wo er auf festem, besonderem Stativ vom Mikroskop völlig gesondert aufgestellt sein muss.

Die durch Drehen der lichtempfindlichen Scheibe und durch Abrollen der Rollkassette verursachten Erschütterungen lassen sich schwer gänzlich ausschliessen. Ist jedoch die Kamera vom Mikroskop getrennt und besitzt sie ein hinreichend solides Stativ, so wird man hierdurch die Schwingungen auf ein geringes Mass herabdrücken. Kommen die Kosten nicht in Betracht, so mag man die Kamera über dem Mikroskop einmauern lassen; zweifellos ist auf diesem Wege eine so grosse Festigkeit zu erreichen, dass Schwingungen nicht in Frage kommen.

Was die Zahl der in einer Sekunde zu vollführenden Expositionen anbelangt, so kann man mit der gewöhnlichen Druckbirne kaum mehr als eine Belichtung in der Sekunde ausführen, zumal für jede Aufnahme zwei, nach einander zu vollführende Auslösungen — ein Mal diejenige des Momentverschlusses, das andere Mal diejenige des die Platte oder die Rollkassette in Bewegung setzenden Uhrwerks — stattzufinden haben. Da es nicht leicht ist, zwei Gummibirnen zu handhaben, so thut man gut, die Vorkehrungen derart zu treffen, dass durch pneumatischen Druck der Momentverschluss ausgelöst wird und sich dann unmittelbar nach vollzogener Belichtung die Platte oder die Rollkassette von selbst (ohne dass hierzu ein neuer Druck erforderlich wäre) in Bewegung setzt und so lange fortbewegt, bis ein bisher unbelichteter Abschnitt der lichtempfindlichen Schicht dem Objektiv gegenüber steht.

Kommt es darauf an, mehr als eine Aufnahme in der Sekunde zu vollführen, so dürfte, da einerseits die mangelnde Fingerfertigkeit, andererseits das unumgänglich nothwendige, eine gewisse Zeit beanspruchende Zurückschnellen des Gummis in die Ruhelage dem schnellen Aufeinanderfolgen der Belichtungen Schwierigkeiten in den Weg legt, eine Einrichtung sich als nothwendig erweisen, welche, einmal in Bewegung gesetzt, selbstthätig in kurzen Zwischenräumen den Momentverschluss auslöst und die Platte oder Rollkassette in Bewegung setzt. Will man dann während der Aufnahme kontrolliren, ob sich das bewegliche Objekt noch im Gesichtsfeld befindet, so wirft man nach Verschiebung des Prismas einen Blick in den Seitentubus. Während dieser

Zeit die Bewegung des Uhrwerks zu hemmen ist keineswegs nothwendig, da als einzige Folge des nicht Anhaltens sich herausstellen würde, dass einige Abschnitte der Platte oder des lichtempfindlichen Papiers nicht belichtet sind.

Aus diesen Betrachtungen geht hervor, dass so einfach wie Capranica sich vorstellt, die Anfertigung von Reihen-Momentaufnahmen nicht ist. Immerhin gebührt Capranica der Ruhm, die Sache in Anregung gebracht zu haben. Zweifellos eröffnet sich hier für den Mikrophotographen ein überaus dankbares und hoch interessantes Feld der Thätigkeit.

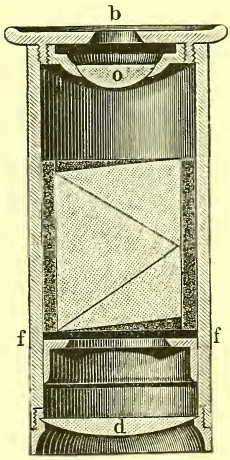
---

4. Aufnahmen mit polarisirtem Licht.

Die Polarisationsapparate dienen bekanntlich dazu, das zur Beleuchtung der Objekte verwendete Licht derart zu verändern, dass die Strahlen nur in einer Ebene schwingen. Von den verschiedenen Mitteln, mit welchen man polarisirtes Licht erzeugen kann, kommt für unsere Zwecke nur das Kalkspath-Prisma in Betracht. Die bekanntesten Formen dieses Prismas sind dasjenige von Foucault, Nicol, Hartnack-Prazmowski und Abbe. Dieselben eignen sich jedoch nicht alle in gleicher Weise für die Mikrophotographie. Das Foucault'sche Prisma besitzt zu kleine Oeffnung; das Nicol'sche muss sehr gross und damit auch sehr theuer gewählt werden, wofern das brauchbare Sehfeld nicht zu klein ausfallen soll; ausserdem wird bei der starken Neigung der Strahlen gegen die Ein- und Austrittsfläche durch Zurückwerfung die Lichtstärke wesentlich vermindert. Das Hartnack-Prazmowski'sche Prisma hat den Vortheil grösserer Kürze, günstiger Lage der Ein- und Austrittsflächen und einer grossen Oeffnung; dasjenige von Abbe zeichnet sich vor allen Dingen dadurch aus, dass es eine im Umfange des ganzen Gesichtsfelds gleiche Bildschärfe gewährt. Die beiden letzten Vorrichtungen sind daher auch für mikrophotographische Arbeiten empfehlenswerth.

Das für die Beleuchtung dienende Prisma, der Polarisator, wird unter dem Kondensor in genau centraler Stellung befestigt. Zur Verbindung mit dem Abbe'schen Beleuchtungsapparate ist die Fassung des Kalkspaths so eingerichtet, dass dieselbe in den Blendungsträger hineinpasst.

Das zweite, dem Polarisator analoge Kalkspath-Prisma, der Analysator, durch dessen Drehung der vom Polarisator empfangene Lichtstrahl ausgelöscht werden kann [1], lässt sich unmittelbar über dem Objektiv oder im Okular oder über dem letzteren anbringen. Die von Moitessier (a. a. O. S. 102) für mikrophotographische Arbeiten empfohlene Stellung des Analysators unmittelbar über dem Objektiv bietet zwar den Vortheil, ohne Einschränkung des Sehfeldes sehr kleine Prismen verwenden zu können; aber die Einschaltung eines so massigen Körpers, wie das polarisirende Prisma, in den Strahlengang bewirkt nach Dippel eine Beeinträchtigung der Bildschärfe, welche für feinere Untersuchungen von entschiedenem Nachtheil werden muss. Abbe bringt das analysirende (Prazmowski'sche) Prisma im Okular an (Figur 47) zwischen dem Kollektivglas *d* und dem Okularglas *o*, dicht über der Blende *ff*. Das über dem Okularglase befindliche Diaphragma *b* dient zur Abblendung des ordentlichen Strahls.



47.

Nach Zeiss [2] soll bei mikrophotographischen Aufnahmen der Analysator über der oberen Linse des Projektions-Okulars eingeschaltet werden, nachdem die Beleuchtung des Objekts und die Projektion des Bildes in der gewöhnlichen Weise vorgenommen worden ist.

Wegen der, durch die Polarisationsapparate unbedingt herbeigeführten Lichtverluste ist die Verwendung sehr intensiven Lichts zur Beleuchtung (direktes Sonnenlicht, Zirkonlicht etc.) nothwendig.

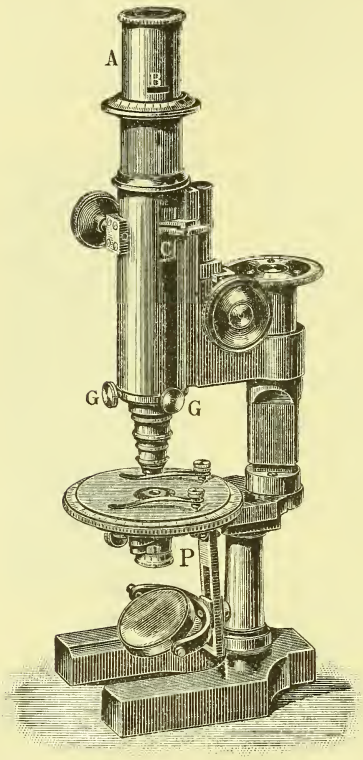
Die Herstellung von Mikrophotogrammen mit polarisirtem Licht gehört keineswegs der Neuzeit an. Pohl [3] legte bereits im Jahre 1857 der Wiener Akademie Mikrophotogramme vor, die mit polarisirtem Lichte aufgenommen waren. Auch Gerlach erwähnt (a. a. O. p. 86), dass er dergleichen Versuche mit Erfolg angestellt habe. Moitessier beschreibt das Verfahren sehr eingehend (a. a. O. S. 99-106), und giebt seinem Werke eine mit polarisirtem Licht gefertigte Aufnahme von Stärkekörnchen bei. Freilich wird, solange wir nicht im Stande sind, die Farben auf der lichtempfindlichen Platte festzuhalten, das polari-

[1]) Die Auslöschung geschieht bei gekreuzter Prismenstellung.

[2]) Zeiss, Special-Katalog S. 49.

[3]) Sitzungsberichte d. math.-naturw. Klasse der kaiserl. Akademie der Wissensch. Bd. XXIII S. 340. Wien 1857.

sirte Licht für die Photographie eine weit geringere Bedeutung haben, als für die mikroskopische Beobachtung; denn die meisten Polarisationserscheinungen bestehen in der mehr oder weniger glänzenden Färbung gewisser Objekte, welche durch Helligkeitsunterschiede im Bilde nur höchst mangelhaft wiedergegeben werden. In manchen Fällen jedoch, wie beispielsweise bei der Aufnahme von Amylumkörnern, entspricht das photographische Bild vollkommen der im Mikroskope zu beobachtenden Erscheinung. Diejenigen Kalk- und Kieselkörper, welche die Eigenschaft haben, das Licht zu polarisiren, erscheinen bei gekreuzten Prismen hell auf dunklem Grunde, genau in derselben Weise, als ob sie mit auffallendem Licht oder mit Dunkelfeldbeleuchtung erhellt wären. Um hierbei zu grosse Härte der Bilder zu vermeiden, giebt man dem Analysator eine derartige Stellung, dass das Gesichtsfeld ganz mässig beleuchtet ist.



48.

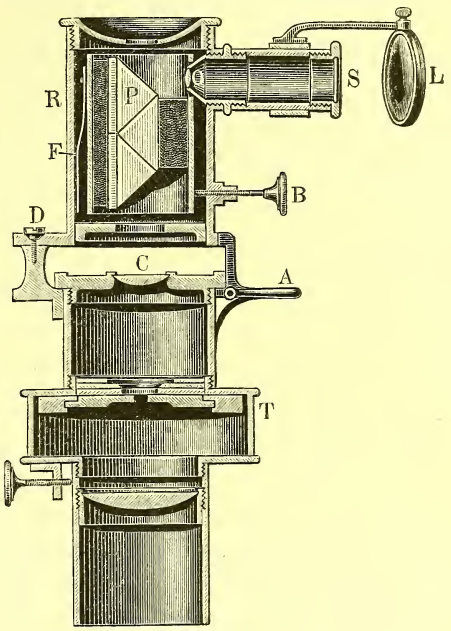
Auch in forensischer Beziehung kann die Photographie mit polarisirtem Licht Bedeutung haben.

Für feine polariskopische Arbeiten, hauptsächlich bei mineralogischen Studien, kommen besondere Stative in Anwendung, die einen drehbaren, mit Kreistheilung ausgerüsteten Objekttisch (Figur 48), und einen unten mit Stellschrauben *G G* versehenen Tubus besitzen, welche genaue Centrirung gestatten. Polarisator *P* und Analysator *A* haben gleichfalls eine die Rotationsgrösse anzeigende Theilung. Die Schlitze bei *B* u. *C* dienen zum Einschieben verschiedener optischer Nebenapparate. Für mikrophotographische Zwecke müsste das Stativ natürlich zum Umlegen eingerichtet sein.

5. Spektroskopische Aufnahmen.

Der für das Mikroskop bestimmte Spektralapparat wird am oberen Ende des Tubus befestigt und besteht aus einem mit einem Okular verbundenen Amici'schen Geradsichtsprisma. Letzteres, aus Kron- und Flintglasprismen zusammengesetzt, führt bekanntlich Farbenzerstreuung herbei, ohne den Lichtstrahl von seinem geradlinigen Wege abzulenken [1].

Ein wesentlicher Bestandtheil des Spektralokulars ist ein zwischen dem Kollektiv- und Augenglas des Okulars an Stelle der Blende angebrachter Spalt, welcher sich durch Schrauben verlängern und verkürzen, verengern und erweitern lässt.



49.

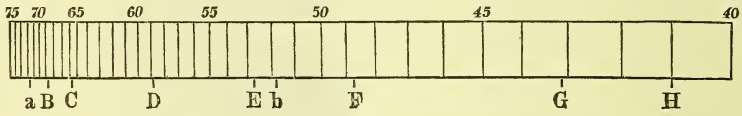
Zur Bestimmung der relativen Lage und Breite der Absorptionsbänder dient ein Messapparat, welcher bei dem von Abbe angegebenen Mikrospektroskop (Figur 49) folgende Einrichtung hat: Das Geradsichtsprisma *P* liegt mit seiner oberen Endfläche dem Röhrchen *OS* gegenüber, welches auf einem Glasplättchen *S* die Ångström'sche Skala trägt, eine Skala, die in ihrer Theilung die Wellenlängen des Lichts für jeden Theil des Spektrums in Hunderttausendsteln vom Millimeter (Figur 50) angiebt. Das Bild der durch einen Spiegel *L* hell erleuchteten Skala wird durch die Linse *O* auf die Endfläche von *P* projicirt und fällt, durch letztere reflektirt, gleichzeitig mit dem Spektrum in das Auge oder auf die lichtempfindliche Platte. Die Skala ist durch Drehen an der Schraube *B*, welche das Geradsichtsprisma *P* unter Gegen-

[1]) Eine sehr lichtvolle, genaue Beschreibung des Mikrospektroskops giebt Behrens in Behrens, Kossel, Schiefferdecker: Das Mikroskop und die Methoden der mikroskopischen Untersuchung. Braunschweig 1889.

wirkung der Feder *F* in jede gewünschte Lage bringt, derart einzustellen, dass die Ziffer 589 mit der Fraunhofer'schen Linie *D* zusammenfällt. Diese Linie entspricht nämlich einem Licht von Wellenlänge $\lambda = 0{,}000589$ mm.

Bei dem Mikrospektroskop von Abbe ist der eigentliche Spektralapparat *R* beweglich über dem Okular *C* angebracht. Nach Lösen der Sperrklinke *A* lässt er sich um *D* seitswärts drehen, wodurch ermöglicht wird, das Objekt vor der stereoskopischen Untersuchung in gewöhnlicher Weise durch das Okular zu betrachten. Der verstellbare Spalt befindet sich in der Trommel *T*.

Für mikrophotographische Zwecke hat das Spektroskop insofern eine Veränderung zu erfahren, als die beiden Okularlinsen des gewöhnlichen Mikrospektroskops gegen diejenigen eines Projektionsokulars (Nr. II von Zeiss) zu vertauschen sind[1]. Der auf diese Weise abgeänderte Apparat wird an die Stelle des gewöhnlichen Projektions-



50.

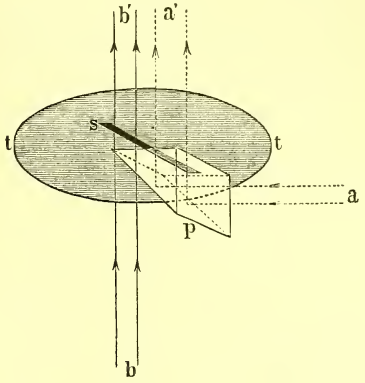
okulars eingesetzt, nachdem mit diesem vorher das Bild des Objekts, dessen Spektrum aufgenommen werden soll, auf die Platte projicirt worden war. Es wird nun zunächst das zu dem Mikrospektroskop gehörige Amici'sche Prisma entfernt und mittelst der oberen Linse des Projektions-Spektral-Okulars ein scharfes Bild des an Stelle der Blende angebrachten Spalts auf der Platte entworfen; innerhalb dieses Spaltbildes befindet sich dann, gleichfalls scharf, das Bild des Objekts, um dessen Spektrum es sich handelt. Dies Bild wird durch Verengerung und Verkürzung des Spalts derart eingeschlossen, dass es genau die ganze Spaltöffnung ausfüllt. Hierauf bringt man das Amici'sche Prisma vor die obere Linse des Projektions-Okulars, welche also nur von demjenigen Theile des Präparats Licht empfängt, dessen Spektrum aufgenommen werden soll.

Um das Spektrum eines zu untersuchenden Stoffs mit demjenigen eines ähnlichen, bekannten Stoffs direkt vergleichen zu können, besitzt das Mikrospektroskop eine Vorrichtung, welche gestattet, unmittelbar

---

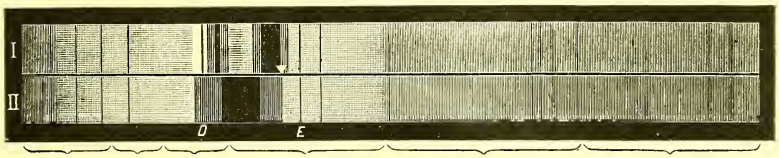
[1]) Zeiss, Special-Katalog S. 49. — Die obere Linse muss auch hier, wie bei dem gewöhnlichen Projektions-Okular, in einer ausziehbaren Hülse stecken.

neben dem Spektrum des zu untersuchenden Körpers dasjenige des Vergleichskörpers zu entwerfen [1]. Die Sache beruht darauf, dass die Hälfte des zwischen den beiden Okulargläsern befindlichen Spalts durch ein unter dem Spalt (Figur 51) angebrachtes Prisma verdeckt wird, welches die durch ein kleines seitliches Rohr eintretenden, vom Vergleichskörper herrührenden Strahlen *a* total reflektirt und durch den Spalt nach oben sendet. Auf diese Weise entsteht ein durch eine dunkle Längslinie getrenntes Doppelspektrum, von dem das eine den Strahlen *b b'*, das andere den Strahlen *a a'* seinen Ursprung verdankt. Figur 52 zeigt ein auf diese Weise hergestelltes Doppelspektrum: I ist das Absorptionsspektrum des Oxyhämoglobins, II dasjenige des Hämoglobins.



51.

Da bei den mikrospektroskopischen Untersuchungen die Fraunhofer'schen Linien eine wesentliche Rolle spielen, so ist bei derartigen Arbeiten die Verwendung von Sonnenlicht unbedingt nothwendig. Besondere Sorgfalt ist ferner hierbei auf die Auswahl der lichtempfindlichen Platten zu legen: Die Absorptionsstreifen können sich im Negativ nur dann markiren, wenn die benach-



52.

barten Abschnitte des Spektrums auf die Platte aktinisch wirken. Nimmt man daher ein Spektrum, bei dem ein Absorptionsstreifen in Gelb vorhanden ist, mit gewöhnlicher Trockenplatte auf, die für Gelb eine sehr geringe Empfindlichkeit hat, so wird nicht nur der Absorptionsstreifen, sondern auch der angrenzende Theil des Spektrums im Negativ glasklar, im Positiv aber schwarz erscheinen. Vielmehr hat

[1]) Behrens a. a. O. S. 67.

in diesem Falle die Aufnahme auf einer gelbempfindlichen (Erythrosin-) Platte zu geschehen.

Zur spektroskopischen Prüfung von Objekten, die mit polarisirtem Licht beleuchtet sind, dient der von Abbe-Dippel angegebene, von Zeiss ausgeführte Spektropolarisator [1], bei welchem von den durch den Polarisator hindurchgegangenen Strahlen in der Objektebene ein Spektrum erzeugt wird. Der Analysalor verbleibt in seiner gewöhnlichen Stellung über dem Projektions-Okular.

6. Stereoskopische Aufnahmen.

Handelt es sich in der Porträt- und Landschaftsphotographie um stereoskopische Aufnahmen, so verfährt man dabei folgendermassen: Der Photograph fertigt zwei Aufnahmen desselben Gegenstandes mit zwei Objektiven, die am Stirnbrett einer getheilten Kamera so weit von einander entfernt angebracht sind, als der Abstand der beiden Augen beträgt. Die beiden auf diese Weise erhaltenen Bilder sind, da beide Objektive den Gegenstand nicht genau von derselben Seite sehen, nicht völlig gleichartig; betrachtet man dieselben im Stereoskop, so erscheint das aufgenommene Objekt körperlich.

Dies Verfahren lässt sich auf das Mikroskop nicht ohne Weiteres übertragen, denn der geringe Bildabstand mikroskopischer Objective verbietet von selbst, gleichzeitig zwei Objektive auf dasselbe Objekt zu richten. Gleichwohl wurden auch in dieser Richtung Versuche unternommen, und zwar in einer überaus frühen Zeit, nämlich durch den französischen Kapuziner Cherubin im Jahre 1678 [2]. Derselbe konstruirte ein Mikroskop mit zwei Tuben und zwei Objektiven und scheint damit in der That stereoskopische Wirkung erzielt zu haben. Hierbei können natürlich nur ganz schwache Objective mit weitem Bildabstand verwendet werden.

Sind die Objekte unbeweglich und handelt es sich ausserdem nicht um Okularbeobachtung, sondern um Photographie, wo nichts im Wege steht, die beiden Bilder n a c h einander zu fertigen, so könnte man,

[1]) Dippel, Handbuch der allgemeinen Mikroskopie S. 358.

[2]) De visione perfecta sive de amborum visionis axium concursu in eodem objecti puncto. Paris 1678.

wie dies Wheatstone [1] im Jahre 1854 that, beide Aufnahmen bei verschiedener Neigung desselben Tubus gegen den Objekttisch ausführen. Da dies Verfahren besonders konstruirte Mikroskope erfordert, so konnte sich dasselbe nicht einbürgern; überdies führen andere Methoden sicherer und einfacher zum Ziele. Man kann nämlich bei rechtwinkliger Stellung der Tubusachse gegen den Objekttisch ein Objekt mit demselben Objectiv von zwei Seiten betrachten und photographiren, wenn man ein Mal die linke, das andere Mal die rechte Hälfte des Objektivs abblendet [2]. Man arbeitet in diesem Falle eigentlich mit zwei Objektiven, deren optische Achse durch die Schwerpunkte der äquivalenten Linsenhälften gehen. Die beiden Hälften des Objektivs wirken in diesem Falle vollkommen unabhängig von einander; die von ihnen gelieferten Bilder erzeugen, sobald man sie im Stereoskop richtig vereinigt, durchaus den Eindruck des Körperlichen.

Moitessier bringt die halbe Blendung dicht vor der Frontlinse des Objektivs an; er befestigt dieselbe unten an einem Messingrohr, welches auf ein zweites Messingrohr derart aufgesteckt wird, dass es sich um letzteres leicht drehen lässt. Ein an dem inneren Rohre eingeschraubter Stift erlaubt dem mit einem halbkreisförmigen Schlitze versehenen äusseren Rohre genau eine halbe Drehung. Das innere Rohr passt über das Objektiv hinweg auf das untere Ende des Tubus. Bei recht schwachen Objektiven soll es statthaft sein, die Hälfte der hinteren Linse des Objektivs mit einer schwarzen Pappscheibe zu bedecken und nach der ersten Aufnahme das Objektiv in der Schraubenverbindung mit dem Tubus eine halbe Drehung machen zu lassen. Da hierdurch die Einstellung verändert wird, so muss für das zweite Bild nochmals eingestellt werden.

Nach Fritsch [3] ist es unvortheilhaft, die halbe Blendung vor der ersten brechenden Fläche des Objektivs anzubringen. Denn abgesehen davon, dass dieselbe hier von der Ebene der äquivalenten Linse zu weit entfernt läge, würde die Kante bei dem geringeren Durchmesser und grossen Oeffnungswinkel der unteren Linsen einen störenden Einfluss ausüben. Fritsch bringt daher die Blende im Objektiv selbst an und erreicht den Wechsel der Stellung durch Drehung desselben. Zu

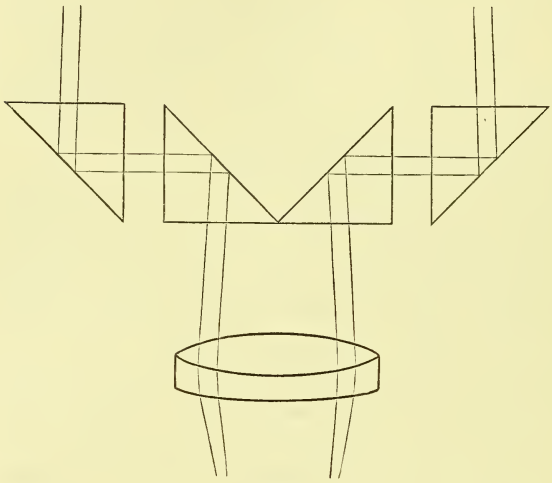
---

[1]) Quarterly Journal of microscopical Science vol. II p. 290. London 1854.

[2]) Moitessier a. a. O. S. 148.

[3]) Fritsch, Ueber das stereoskopische Sehen im Mikroskop und die Herstellung stereoskopischer Mikrotypien auf photographischem Wege (Festschrift zur Feier des hundertjährigen Bestehens der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin S. 93. Berlin 1873).

dem Zwecke wird das Objektiv nicht direkt dem Tubus des Mikroskops angefügt, sondern mit Hilfe einer kleinen, in einer äusseren Hülse sich drehenden Scheibe. Die Hülse trägt das Gewinde zum Ansatz an den Tubus, die Scheibe das Gewinde zur Aufnahme des Objektivs. Um das nachherige Abschrauben des Objektivs zu erleichtern, empfiehlt es sich, eine kleine federnde Rast anzubringen, durch deren Festdrücken von aussen man die Drehung der Scheibe aufhalten kann. So arbeitet man stets mit der gleichen Hälfte des Objektivs, welche ein Mal links, das andere Mal rechts steht, hat also auch sicher dieselbe Lichtmenge und, wenn die Scheibe genau gearbeitet ist, denselben Fokus. Ueber den Grad der erzielten Verschiebung kann man sich leicht orientiren, wenn das System gedreht wird unter gleichzeitiger Beobachtung eines in den Fokus gebrachten Objekts; man erkennt alsdann das eigenthümliche Wandern der Umrisse, deren einzelne Punkte kleine Kreise beschreiben.

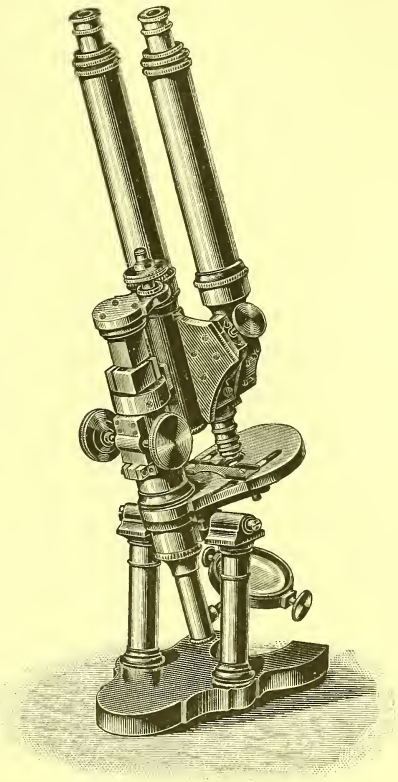


53.

Die zur Erzeugung stereoskopischer Wirkung nothwendige Theilung des Lichtkegels lässt sich auch durch Prismen erreichen. Derartige Versuche wurden zuerst von dem Amerikaner Riddell [1] im Jahre 1853 vorgenommen, welcher oberhalb der letzten brechenden Fläche des Objektivs vier total reflektirende Prismen anbrachte. Nebenstehende Skizze (Figur 53) veranschaulicht den auf diese Weise erzeugten Gang der Lichtstrahlen. Die vier Prismen ruhen in einem Messinggehäuse, welches zwei Mikroskoprohre trägt (Figur 54). Die Strahlen, welche die rechte und die linke Hälfte der Objektivlinse *O* passiren, entwerfen also gesonderte Bilder.

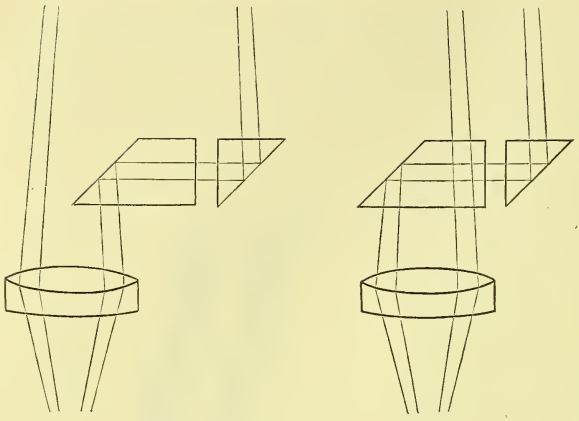
[1]) American Journ. 1853, June. — Quarterly Journal of microscopical Science Octob. 1853, no. V. London.

Um die durch das bildumkehrende Okular herbeigeführte pseudoskopische Wirkung, d. h. das Erscheinen der Gegenstände als Vertiefung, die in Wirklichkeit Relief sind, aufzuheben, ersann Nachet verschiedene Vorrichtungen. Von diesen ist die in Figur 55 dargestellte die sinnreichste, da sie die Möglichkeit gewährt, den Gang der Lichtstrahlen zu verändern: das eine der beiden Prismen stellt ein Trapezoid dar, welches man sich aus einem quadratischen und einem rechtwinkligen Prisma verschmolzen denken kann; das andere ist ein gewöhnliches rechtwinkliges Prisma. Je nach Stellung der Prismen tritt verschiedene Wirkung ein; befindet sich das Trapezoid in seiner ganzen Ausdehnung über der Linsenöffnung, so werden die von der linken Hälfte des Objektivs herrührenden Strahlen von der total reflektirenden Fläche des Trapezoids auf das zweite Prisma geworfen und steigen, von diesem auf's Neue reflektirt, im rechten Tubus auf. Die von der rechten Hälfte des Objektivs kommenden Strahlen gelangen dagegen ungebrochen in den linken Tubus. Schiebt man das Trapezoid so weit vor, dass die spitzwinklige Kante desselben über der Halbirungsebene des Objektivs steht, so gehen die linksseitigen Strahlen ohne Brechung zum linkenAuge; die rechtsseitigen treffen dagegen auf die total reflektirende Hypotenusenfläche, und gelangen, nachdem sie auch im zweiten Prisma gebrochen sind, in's Auge. In dem bildumkehrenden, zusammengesetzten Mikroskop erhält man bei der zweiten Anordnung der Prismen pseudoskopische, bei der ersten dagegen stereoskopische Bilder.



54.

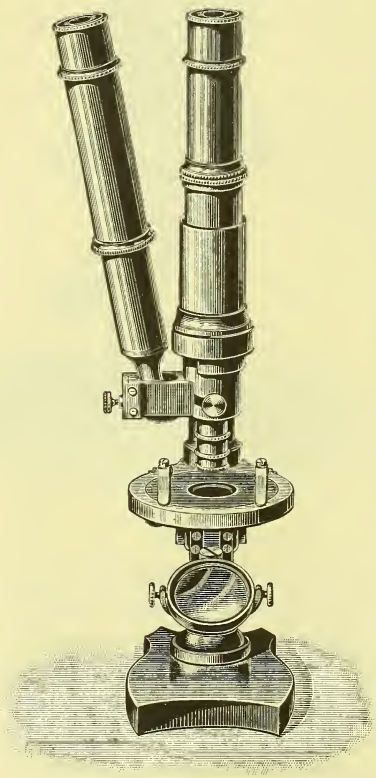
Für die soeben besprochenen Prismen konstruirte Nachet ein eigenes Mikroskop, bei dem die Anordnung der Tuben keine symmetrische ist (Figur 56). Ein Tubus steht senkrecht über der Mitte des



55.

Objekttisches; der andere zweigt sich im spitzen Winkel dort ab, wo unmittelbar über dem Objektiv das Messinggehäuse für die Aufnahme der Prismen angebracht ist. Durch einen vorstehenden Knopf kann man die Prismen in der oben beschriebenen Weise verschieben.

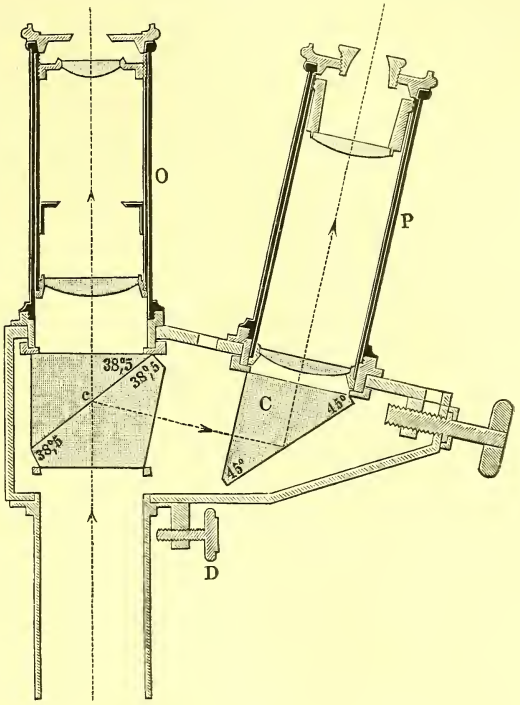
Von den verschiedenen, zur Erzeugung stereoskopischer Wirkung empfohlenen Anordnungen erwähnen wir nur noch das stereoskopische Okular nach Abbe (Figur 57). Die Theilung der vom Objektiv kommenden Strahlenbüschel erfolgt am oberen Ende des Tubus durch theilweise Reflexion an einer dünnen Luftschicht *c* zwischen zwei an einander liegenden Glasprismen. Die geradlinig hindurchtretenden Strahlen gelangen in ein in der Achse des Tubus stehendes Okular *O*, die reflektirten dagegen vermöge nochmaliger Reflexion durch das Prisma *C* in ein zweites Okular *P*, dessen Achse unter 14^0 gegen die Tubusachse sich neigt. Stereoskopisches Sehen tritt nur dann ein, wenn die Strahlenbüschel durch Halbdiaphragmen über den Okularen halbirt werden.



56.

Zur Herstellung stereoskopischer Mikrophotogramme kann man nun,

wie dies schon vor beinahe drei Jahrzehnten durch Jules Dubosq geschah, die durch eine Scheidewand in zwei Hälften getheilte Kamera direkt an ein binokuläres Mikroskop (Figur 54) ansetzen und mit Hilfe von Projektions-Okularen beide Hälften gleichzeitig oder nach einander exponiren. Hierbei ist gleichgiltig, ob die Prismen-Anordnung für die Okularbeobachtung pseudoskopische oder stereoskopische Bilder liefert, da das Endresultat nur von dem richtigen Aufkleben der Photogramme abhängt. Bei dem in Figur 53 veranschaulichten Gang der Strahlen hat man den Vortheil vollkommener Symmetrie. Die von beiden Hälften des Objektivs ausgehenden Strahlen legen einen ganz gleichen Weg zurück, haben daher auch gleiche Grösse und Helligkeit der Bilder zur Folge. Bei dem stereoskopischen Mikroskop nach Nachet (Figur 56) ist es wegen der ungleichen Länge des Weges welchen die Strahlen in beiden Tuben zu durchlaufen haben angezeigt, ein Bild nach dem anderen zu fertigen und nur den vertikalen Tubus zu benutzen, in welchem man durch Verschiebung der Prismen nach Belieben das dem rechten oder dem linken Auge angehörende Bild erzeugt.



57.

Bei Benutzung des Abbe'schen stereoskopischen Okulars (Figur 57) müsste man die Okulare *O* und *P* durch Projektions-Okulare ersetzen und über denselben Halbdiaphragmen anbringen. Wegen der Winkelstellung der Okulare hat die Kamera bei den nach einander zu erfolgenden Aufnahmen ihren Platz zu wechseln, damit jedes Mal ihre Längsachse mit der optischen Achse des Okulars zusammenfällt.

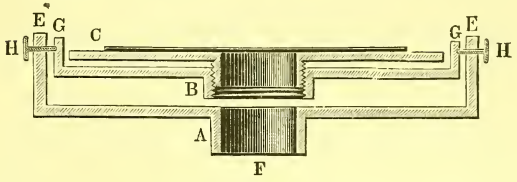
Mehrere Gründe machen es wünschenswerth, die soeben besprochenen Methoden zur Erzielung stereoskopischer Mikrophotogramme in der Praxis nur ausnahmsweise anzuwenden. Ausgenommen bei dem stereoskopischen Okular nach Abbe hat man besondere, komplicirte Mikroskopstative nöthig, die in Deutschland wenigstens so gut wie völlig unbekannt und nur mit grossen Kosten zu beschaffen sind. In England, wo ein grosses Mikroskop zur unentbehrlichen Ausstattung jedes wohlhabenden Mannes gehört, sind Stative mit Doppeltubus schon wegen ihres pomphaften Aeusseren allgemein verbreitet.

Aber nicht nur der Kostenpunkt, sondern auch die Resultate sprechen gegen Anwendung der durch Prismen herbeigeführten Theilung des Lichtkegels. Schon Moitessier (a. a. O. S. 147) weist darauf hin, dass man bei Gebrauch der Prismen wohl mit auffallendem, nicht aber mit durchfallendem Licht brauchbare Bilder erhält: in den mit durchfallendem Licht gefertigten Photogrammen machen sich seltsame, den körperlichen Eindruck fast gänzlich aufhebende Effekte bemerkbar. Die nicht völlige Gleichheit der beiden Linsenhälften und die Schwierigkeit, ebene Prismenflächen zu schleifen, mögen hierbei eine Rolle spielen. Um diese Uebelstände zu vermeiden, suchte man dadurch zu stereoskopischen Bildern zu gelangen, dass man dasselbe Objekt unter zwei verschiedenen Winkeln aufnahm.

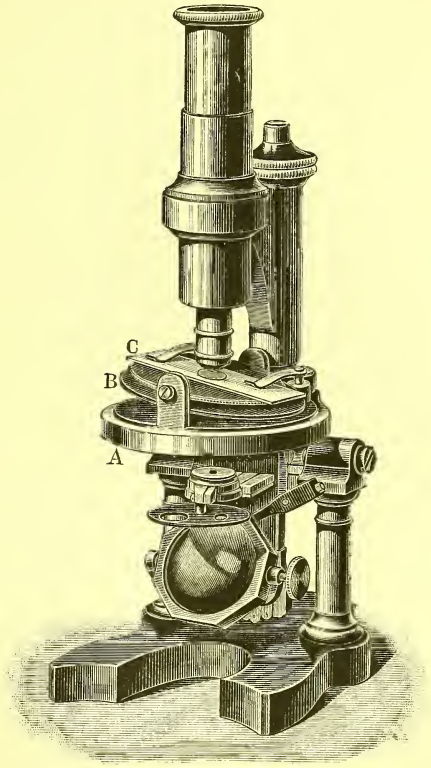
Zu dem Zwecke schlug v. Babo im Jahre 1861 vor, den Objektträger mittelst eines kleinen Pappstreifens erst auf der einen und dann auf der anderen Seite etwas zu erhöhen. Dann konstruirte derselbe, um die Neigung des Objekts gegen die Achse des Mikroskops bequem ändern zu können, eine kleine Wippe aus Messingblech, die mit etwas Wachs auf dem Objekttische befestigt wurde. Durch dieselbe ist eine Neigung des Objektträgers nach beiden Seiten hin um etwa 5^0 möglich.

Die später von Moitessier (a. a. O. S. 153) angegebene stereoskopische Wippe (Figur 58) ruht auf einer runden Platte *A*, welche in ihrer Mitte von einer kreisrunden Oeffnung durchbohrt ist, an die sich der genau in die Oeffnung des Objekttisches passende Tubus *F* anschliesst. In den Endpunkten eines ihrer Durchmesser trägt die Platte *A* zwei vertikale Ständer *E* mit den Zapfen *H*, um welch letztere eine zweite, runde, mit den Ständern *G* versehene Platte *B* drehbar ist. Auch die Platte *B* ist in der Mitte durchbohrt und trägt hier ein kurzes Rohr, in welchem sich das centrale Rohr einer dritten runden Scheibe *C* mittelst eines Schraubengewindes auf- und abbewegt. Auf der Platte *C* befestigt man den Objektträger mit Klemmfedern.

Zwei in der Abbildung nicht sichtbare Federn halten, wie Figur 59 zeigt, die Platte *B* in geneigter Stellung. Platte *A* muss auf dem Objekttisch so befestigt sein, dass sie sich in dem Loche desselben nicht drehen kann. Wenn dieser Apparat auf dem Tische des Mikroskops angebracht ist, so liegt der Objektträger, also auch das Objekt, unter dem Objektiv nicht horizontal, sondern bildet mit der Horizontalen einen Winkel, dessen Amplitude abhängt von der Höhe der Achse *H* über der Platte *A* und von dem Durchmesser der Platte *B*. Nachdem nun bei schiefer Stellung der Wippe das erste Bild aufgenommen ist, neigt man die Platte *B* um den gleichen Winkel in entgegengesetzter Richtung und macht dann die zweite Aufnahme. Die beiden so erhaltenen Bilder entsprechen, wenn eine passende Winkeldifferenz gewählt war, den Anforderungen vollkommen und zeigen unter dem Stereoskop ein deutliches Relief.



58.



59.

Bei der Anwendung der Wippe hat man besonders darauf zu achten, dass die Oberfläche des abzubildenden Objekts genau in die Ebene der Drehungsachse *H* fällt. Ist dies nicht der Fall, so verändert das Objekt bei der Drehung der Wippe seine Lage und könnte bei Benutzung starker Objektive selbst ganz aus dem Gesichtsfelde verschwinden. Um diesem Uebelstande vorzubeugen, ist das an der Platte *C* befestigte

Rohr in dem Rohre der Platte *B* mittelst eines Schraubengewindes beweglich. Man kann daher je nach der Dicke des Objektträgers die Platte *C* heben oder senken, so dass die Ebene des Objekts in jedem Falle genau mit der Drehungsachse *H* zusammenfällt. Am Besten nimmt man diese Korrektion an der Platte *C* bei horizontaler Stellung der Platte *B* vor.

Das einfachste Mittel, die Wippe unter verschiedenen Winkeln zu fixiren, besteht in der Anwendung eines keilförmigen Messingstücks, welches unter den der Platte *A* aufliegenden Theil der Scheibe *B* untergeschoben wird, und dessen weiteres Vorschieben zunächst eine Verminderung der Neigung, dann eine Horizontalstellung der Platte *B* und endlich eine Neigung nach der entgegengesetzten Seite hin bewirkt, indem die zwischen den Platten *A* und *B* auf der anderen Seite befindlichen Federn mehr und mehr zusammengedrückt werden.

Der Winkel, um welchen man das Objekt zwischen den beiden Aufnahmen dreht, muss eine jedem bestimmten Falle angemessene Grösse haben. Für mittelstarke Objektive eignet sich ein Winkel von 7 bis 8^0, während man ihn bei ganz schwachen Systemen bis auf 12^0 vergrössern, bei Anwendung starker Objektive dagegen bis auf 4 oder 5^0 verkleinern wird. Mittelst des keilförmigen Messingstücks kann man innerhalb gewisser Grenzen den Winkel verändern und durch einige auf dem Keile angebrachte Marken bezeichnen, welche Stellung desselben einem Winkel von bestimmter Grösse entspricht. Statt dieses Keils und der auf der anderen Seite befindlichen Federn könnte man, wie Moitessier meint, auch auf beiden Seiten der Scheibe *B* Schrauben anbringen, die gegen die Platte *A* drücken und so die Neigung bewirken.

Die Einstellung des Bildes erfordert bei Anwendung der Wippe besondere Vorsichtsmassregeln. Nachdem zuerst die Platte *B* mittelst des Keils horizontal gestellt ist, wird der aufzunehmende Theil des Objekts in's Gesichtsfeld gebracht und das ganze Objekt durch die drehbare Platte *C* genau in die Ebene der Achse *H* gehoben. Dass dies erreicht ist, erkennt man leicht daran, dass bei verschiedener Neigung der Wippe das Gesichtsfeld sich nicht verändert.

Nach diesen Vorbereitungen wird die Platte *B* bis zu einem angemessenen Winkel geneigt und die erste Aufnahme vollzogen. Nur selten bleibt, nachdem man dann die Platte *B* nach der entgegengesetzten Seite um den gleichen Winkel geneigt hat, die Einstellung des Bildes hinreichend scharf, um ohne Weiteres die zweite Aufnahme vornehmen zu können. Der Theorie nach dürfte eine solche Differenz nicht eintreten; in der Praxis aber kommt nach Moitessier durch

die unvermeidliche Abnutzung der Achsen und durch die beim Wechsel der Neigung stattfindende Erschütterung fast immer eine geringe Veränderung der Einstellung zu Stande. Man muss daher vor der zweiten Aufnahme von Neuem einstellen und hat dabei sorgfältig darauf zu achten, dass sich genau die gleiche Stelle des Objekts im Gesichtsfeld befindet.

Starke Objektive mit kurzem Fokalabstande sind für die soeben beschriebenen Arbeiten nicht verwendbar, da ihre breite Messingfassung ein Neigen der Platte *B* nicht zulassen würde.

Ein Uebelstand besteht darin, dass man, da die Objekte dem Objektiv gegenüber eine schiefe Stellung einnehmen, eigentlich immer nur für einen kleinen Theil des Gesichtsfelds scharf einstellen kann. Da aber die nothwendige Winkeldifferenz mit dem Anwachsen der Vergrösserung abnimmt, so kommt es selten vor, dass man mit der Wippe befriedigende Bilder nicht zu erzeugen vermag.

Mit Hilfe der Wippe erhält man auch bei durchfallendem Licht Aufnahmen, die sich im Stereoskop zu einem körperlichen Bilde vereinigen lassen.

Unabhängig von Moitessier konstruirte Fritsch in Berlin eine stereoskopische Wippe, welche vor der soeben beschriebenen Vorrichtung gewisse Vorzüge besitzt [1]. Um nämlich die Lage der Drehungsachse in genaue Uebereinstimmung mit der optischen Achse des Systems zu setzen, bringt Fritsch eine besondere Korrektion an. Trifft die optische Achse nicht die Mitte der Drehungsachse, liegt letztere also nicht genau in der Mittellinie des aufzunehmenden Gesichtsfelds, so erhält man überhaupt nicht stereoidentische, im Stereoskop zu vereinigende Bilder. Hat man die Wippe dem Objekttisch so genau angefügt, dass bei Anwendung eines bestimmten Objektivs die Drehungsachse von der optischen Achse geschnitten wird, so ist dies keineswegs bei allen andern Objektiven nun auch der Fall.

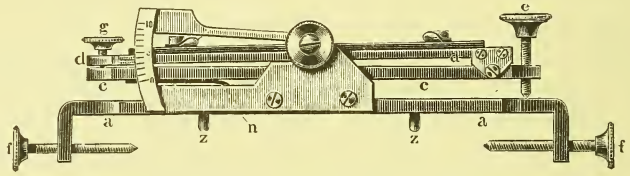
Die Fussplatte *a* der Wippe von Fritsch (Figur 60) besteht aus zwei in sich verschiebbaren Rahmen, von denen der innere, in der Figur nicht sichtbare, mit zwei Zapfen *z* in entsprechende Löcher des Objekttisches eingreift und daher unbeweglich ist. Der äussere lässt sich dagegen durch die beiden Schrauben *f* in horizontaler Richtung verschieben. Die drehbar aufgesetzte Platte *c* bewegt sich durch die senkrechte Schraube *e* auf- und abwärts, während zwei unten an-

---

[1]) Festschrift zur Feier des 100jährigen Bestehens der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin S. 89.

gebrachte Sperrfedern *n* den sicheren und gleichmässigen Gang reguliren. Das seitlich angebrachte Stück eines Theilkreises erlaubt die Drehungsgrösse zu bestimmen. Die obere Platte ist wiederum doppelt, sodass der Theil *d* durch die Schraube *g* gehoben oder gesenkt werden kann; sie dient zur Korrektion der Dicke des Objektträgers.

Die Arbeit mit der Wippe geht nun in der Weise vor sich, dass man sich durch ein möglichst genau in der Drehungsachse ausgespanntes feines Haar deren ungefähre Lage andeutet und so den Apparat auf dem Objekttisch im Groben orientirt. Auf dem Apparat wird nun mittelst der Klemmfedern ein Objektträger von der auch später zu benutzenden Dicke befestigt, auf welchem mit dem Diamant senkrecht zur Längsrichtung einige Parallellinien eingeschnitten sind. Bringt man die mittelste davon in die Mitte des Gesichtsfelds und beobachtet die Linien unter gleichzeitiger Bewegung der senkrechten Schraube durch das Mikroskop, so lässt sich durch das Verschwinden derselben aus dem Fokus leicht feststellen, welche Lage die Drehungsachse zur op-



60.

tischen Achse hat. Fällt die Mitte des Gesichtsfelds mit der Drehungsachse zusammen, so macht eine Veränderung in der Neigung der Wippe keine neue Einstellung für die mittlere Linie nothwendig. Durch Benutzung der Korrektionen lassen sich Abweichungen leicht ausgleichen. Bei der Aufnahme selbst wird nach Fritsch nur ein Mal eingestellt, da das Umlegen der Wippe zwischen dem Exponiren der beiden Bilder für das mittlere Gesichtsfeld keinen Unterschied ergeben darf.

Arbeitet man in dieser Weise, so gewinnt man brauchbare Resultate, welche die Anwendbarkeit des Verfahrens gegenüber den theoretischen Bedenken ausser Zweifel stellen. Von solchen Bedenken ist nach Fritsch wohl keins schwerer wiegend, als der sachlich begründete Einwand, dass man durch Annäherung oder Entfernung der identischen Bildhälften mit Nothwendigkeit in dem einen Falle eine Vergrösserung im anderen eine Verkleinerung der zu vereinigenden Bilder herbeiführt und so stereoidentische Aufnahmen nicht erzielt. Abgesehen von dem thatsächlichen Beweis der Möglichkeit kann man gegen diesen Ein-

wand geltend machen, dass die Lageveränderung des Objekts gegen das optische System zu geringfügig ist und zu sehr in das seitliche Gesichtsfeld gehört, um einen störenden Einfluss auszuüben.

Nach Fritsch lassen sich allgemein giltige Angaben über die vortheilhafteste Neigung der Wippe nicht machen. Vielmehr hat der Photograph je nach der Vergrösserung sowie nach der Beschaffenheit der Objekte durch praktischen Takt darüber zu entscheiden, wie stark er neigen darf. In der Entfernung des deutlichen Sehens beträgt der optische Winkel der Sehachsen ungefähr 20^0; ebenso viel Grade sind auch auf dem Kreisbogen der Wippe eingetragen. Indessen ist dies mehr, als man unter gewöhnlichen Verhältnissen braucht und die Objekte wegen der eintretenden Bildzerrungen zu gestatten pflegen. Die Hälfte dieser Schwankung, also 10^0, ist meist ausreichend, um genügende Verschiebung zu ergeben. Bei stärkeren Objektiven, wo die Kürze des Fokus hindernd in den Weg tritt, muss man sich mit geringerer Neigung begnügen. Dasselbe gilt, wenn das Bild weit in das seitliche Gesichtsfeld hineinreicht und man diese Theile mit berücksichtigen muss [1].

Man versuchte auch durch Verschieben des Objekts in das rechte und linke seitliche Gesichtsfeld zu stereoskopischen Mikrophotogrammen zu gelangen. In grösserem Masse ist solche Verschiebung natürlich nur bei schwachen Objektiven möglich. Benutzt man beispielsweise ein Objektiv von 2 cm Brennweite der äquivalenten Linse, so lassen sich kleine Objekte höchstens um 2 mm nach rechts und links vom Mittelpunkte des Gesichtsfelds verschieben. Man erhält auf diesem Wege wie bei der Wippe einen optischen Winkel von 10^0 für die beiden nach einander aufzunehmenden Bilder. Der scheinbare Vortheil, dass die Oberfläche des Objekts dabei senkrecht zur optischen Achse des Objektivs verbleibt, erweist sich in der Praxis als ein Nachtheil, indem die perspektivische Verschiebung zu einer so geringen wird, dass die Aufnahmen im Stereoskop flach bleiben. Die Methode der Verschiebung in's seitliche Gesichtsfeld ist nach Fritsch (a. a. O. S. 92) nur dann anwendbar, wenn in der auf Seite 159 beschriebenen Weise erst die eine und dann die andere Hälfte des Objektivs abgeblendet wird.

Zum Schluss sei erwähnt, dass von Babo ohne Aenderung der Lage des Objektträgers und ohne Theilung des Objektivs bei der

---

[1]) Ueber Schrägstellung der Kassette bei Aufnahmen mit der stereoskopischen Wippe vergl. S. 172.

zweiten Aufnahme auf tiefer gelegene Theile des Präparats einstellte, als bei der ersten. Die hierdurch gewonnenen Bilder machen jedoch, im Stereoskop betrachtet, keinen vollkommen körperlichen Eindruck.

Moitessier giebt seinem Werke über Mikrophotographie eine stereoskopische, bei auffallendem Licht mit halber Blendung gefertigte Aufnahme von Helix costata (Vergr. 18 lin.) bei, welche in ganz vorzüglicher Weise im Stereoskop den Eindruck des Körperlichen hervorruft. Auch bei den von Fritsch theils mit halber Blende, theils mit der Wippe hergestellten, seinem Aufsatz ‚Ueber das stereoskopische Sehen' beigefügten Platten (Kopf einer Mücke; Querschnitt des Froschrückenmarks; Floh und Kieferfühler der Spinne) ist der stereoskopische Effekt ein überraschender. Seitdem scheint dieser Zweig der Mikrophotographie gänzlich vernachlässigt zu sein.

SECHSTER ABSCHNITT.

Das negative Bild.

Nach Besprechung der Apparate, mit deren Hilfe man das Bild des aufzunehmenden Objekts auf der Visirscheibe entwirft, wollen wir untersuchen, auf welche Weise das Bild festgehalten wird.

Die Sache verhält sich genau so, wie in der Porträt- und Landschaftsphotographie: Die Visirscheibe wird vertauscht gegen die in einer lichtdichten Kassette eingeschlossene, lichtempfindliche Platte. Die Kassette, welche sich durch Nichts von einer gewöhnlichen, photographischen Kassette unterscheidet, ist so eingerichtet, dass die in ihr befindliche Platte während der Belichtung dort liegt, wo sich bei der Einstellung die Visirscheibe befand. Geringfügige, auf den Abstand vom Objekttisch bezügliche Abweichungen beeinflussen, entgegen den Ansichten der meisten Autoren, bei mikrophotographischen Arbeiten die Schärfe des Bildes in keiner Weise. Zeiss [1] beklebt z. B. die Mikroskopseite seiner Kassettenschieber mit weissem Papier, um, wie dies ehedem schon Moitessier that, das Bild auch von vorn auf der weissen Fläche betrachten zu können; natürlich befindet sich hierbei die Einstellebene um mehrere Millimeter dem Objekte näher, als die Platte, und doch machen sich nachtheilige Folgen nicht bemerkbar. Wenn Marktanner-Turneretscher [2] behauptet, dass unsere beste Tischlerarbeit nicht ausreicht, um die angeblich nothwendige, völlige Uebereinstimmung in der Lage der Visirscheibe und der Platte herbeizuführen, so enthält dies einerseits einen durchaus ungerechtfertigten

[1]) Zeiss, Special-Katalog S. 35.

[2]) Marktanner-Turneretscher, Bemerkungen über Mikrophotographie (Phot. Correspondenz 1887, S. 237).

Vorwurf gegen unsere Kamera-Tischler, andererseits den Beweis, dass Marktanner Fehlerquellen sucht, wo keine vorhanden sind.

Um Platten von verschiedener Grösse in derselben Kassette verwenden zu können, konstruirte man Rahmen, welche in die Kassette eingelegt die kleineren Platten tragen.

Die Platte muss auf alle Fälle so gelagert sein, dass die optische Achse des Apparats auf ihrer Mitte senkrecht steht. Die von Jeserich[1] für Aufnahmen mit der stereoskopischen Wippe empfohlene Schrägstellung der Kassette, durch welche trotz der Neigung des Präparats Schärfe des ganzen Bildes und nicht nur eines mehr oder minder schmalen, in der Mitte gelegenen Streifens ermöglicht werden soll, erfüllt nicht den beabsichtigten Zweck. Neigt man nämlich das Präparat auch nur um 4 oder 5 ° gegen die Ebene des Objektisches, so müsste die Platte in einem Winkel von 45° bis beinahe 90° gegen dieselbe Ebene geneigt sein, um annähernd die Wirkung der Schrägstellung des Präparats aufzuheben. Daher ist die Sache in der Praxis unausführbar. Die von Jeserich (a. a. O. S. 114) abgebildete Kamera mit schräg zu stellender Platte gestattet eine Neigung von nicht mehr als 12°. Es scheint demnach, dass der völlig irrige Gedanke vorgelegen habe, man brauche die Platte dem Objektträger nur parallel zu stellen, um von Rand bis zu Rand scharfe Bilder zu erhalten.

Nebenbei sei noch erwähnt, dass bei Projektion des Bildes allein mit dem Objektiv, ohne Okular, die Neigung des Objektträgers und der Platte eine entgegengesetzte, bei Anwendung des aufrechte Bilder liefernden Projektions-Okulars dagegen eine nach derselben Seite hin erfolgende sein müsste.

---

1. Geschichtliches.

Wir wollen nicht über die ersten Versuche der Herstellung lichtempfindlicher Platten eingehend berichten. Jedes Lehrbuch der Photographie giebt hiervon Kunde. Für uns gewinnt die photographische Platte erst in dem Momente Bedeutung, wo sie für mikrophotographische Aufnahmen verwendet wurde. Letzteres geschah durch Donné zu Paris im Jahre 1840, also kurz nach der Veröffentlichung des Da-

[1]) Jeserich, Die Mikrophotographie S. 113.

GUERRE'schen Verfahrens. Die Herstellung der Platten geschah damals nach DAGUERRE's Vorschrift folgendermassen: Durch Räuchern in Joddämpfen wird auf einer polirten Silberplatte oder versilberten Kupferplatte eine oberflächliche Schicht von Jodsilber erzeugt. Der Lichteindruck, den eine so behandelte Platte in der Kamera annimmt, ist nicht sichtbar; sobald man jedoch die Platte Quecksilberdämpfen aussetzt, erscheint das Bild in allen seinen Einzelheiten, denn das Quecksilber schlägt sich in feinen weissen Kügelchen nur an den Stellen nieder, auf welche das Licht gewirkt hat. Das Fixiren dieser Bilder, d. h. das Unempfindlichmachen gegen weitere Lichteindrücke, geschieht durch Einlegen der Platten in eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron. Der geringen Empfindlichkeit und dem leichten Verderben der DAGUERRE'schen Platten half FIZEAU im Jahre 1841 dadurch ab, dass er die Silberplatte ausser Joddämpfen auch Bromdämpfen aussetzte, dieselbe also oberflächlich in Jod- und Bromsilber verwandelte, und dass er das durch Quecksilberdämpfe entwickelte Bild durch Auftragen einer schwachen Lösung von unterschwefligsaurem Golde verstärkte.

Auf diese Weise hergestellte Platten, die ein positives Bild zeigen, lassen sich nicht kopiren. Sollte daher eine Vervielfältigung vorgenommen werden, so war man genöthigt, nach dem Daguerreotyp einen Stich zu fertigen. Letzterem Uebelstande half ein Verfahren ab, welches FOX TALBOT in England kurz nach DAGUERRE's Entdeckungen veröffentlichte. TALBOT liess (1840) Papier zuerst auf einem Silberbade, dann auf Jodkaliumlösung schwimmen; endlich legte er dasselbe, um die Empfindlichkeit zu erhöhen, auf eine Lösung von Gallussäure und Essigsäure mit Silbernitrat. Belichtet man ein derart präparirtes Papier an Stelle der lichtempfindlichen Platte in der Kamera, so entsteht ein latentes Bild, welches sich durch Anwendung eines Entwicklers hervorrufen und durch Bromkalium fixiren lässt. Wir erinnern daran, dass schon im Anfange dieses Jahrhunderts DAVY in ganz analoger Weise mit Hilfe des Sonnenmikroskops auf lichtempfindlichem Papier Bilder erzeugte. Leider verstand man damals nicht, das Bild festzuhalten; die überaus wichtige Sache wurde daher nicht weiter verfolgt.

Nach den TALBOT'schen Papier-Negativen konnte jede beliebige Anzahl von Kopien gefertigt werden. Ein Uebelstand machte jedoch die Erfindung für die Zwecke des Mikrophotographen beinahe völlig unbrauchbar: die faserige Beschaffenheit des Papiers liess beim Kopiren die feinen Einzelheiten des Bildes nicht mit genügender Schärfe hervortreten.

Einen grossen Fortschritt bedeutete daher die im Jahre 1847 durch Niepce de St. Victor vorgenommene Einführung von Glasplatten, die mit einer dünnen, jodhaltigen Eiweissschicht überzogen waren und durch Eintauchen in ein Silberbad lichtempfindlich gemacht wurden. In Folge seiner Durchsichtigkeit lieferte das Glasnegativ vortreffliche Positive. Weitere Verkommnungen brachte das Jahr 1851, wo man durch die Arbeiten von Frey und Scott Archer lernte, das Kollodium — eine Lösung von Schiessbaumwolle in Aether — für die Photographie nutzbar zu machen. Man überzog Plangläser mit Kollodium, in welchem Jodsalze aufgelöst waren, tauchte diese in eine Lösung von salpetersaurem Silber und erhielt so auf der Glasplatte ein zartes, mit lichtempfindlichem Jodsilber getränktes Häutchen, welches in der Kamera belichtet, darauf entwickelt und fixirt Negative von ausserordentlicher Feinheit und Schärfe giebt. Das Kollodiumverfahren beherrschte die Photographie bis vor wenigen Jahren. Freilich haftete demselben der für den Mikrophotographen äusserst lästige Fehler an, dass die vor jeder Aufnahme frisch zu bereitenden nassen Platten bei längeren Expositionen in der Kassette trockneten und hierdurch unbrauchbar wurden. Um ein vorzeitiges Trocknen zu verhüten, kamen verschiedene Methoden in Anwendung: Zusatz hygroskopischer Salze zum Silberbade, Ueberziehen der fertig präparirten Platte mit Honig, Glycerin, Leinsamenschleim, Auflösung von Gelatine u. s. w.; doch waren dies Hilfsmittel, die entweder die Schönheit der Bilder beeinträchtigten oder den gerügten Fehler nur unvollkommen beseitigten. Das Bestreben der Forscher richtete sich deshalb darauf, lichtempfindliche trockene Platten herzustellen, welche ihre Eigenschaften einige Zeit unverändert bewahrten. Den ersten Schritt auf diesem Wege that 1855 Desprats, welcher fand, dass ein mit geringem Harzzusatz versehenes Kollodium durch Abwaschen nach der Sensibilisirung zur trockenen Anwendung geeignet werde. Weitere Vervollkommnungen brachte das Kollodium-Albuminverfahren von Taupenot (1855): Die wie gewöhnlich kollodionirte und in einem essigsauren Silberbade sensibilisirte Glasplatte wird sorgfältig abgewaschen, mit jodirtem Eiweiss überzogen und getrocknet. Eine so präparirte, nicht lichtempfindliche Platte lässt sich lange unverändert aufbewahren. Einige Tage vor dem Gebrauch wird sie im essigsauren Silberbade sensibilisirt und getrocknet. Wegen grösserer Unempfindlichkeit muss jedoch die Belichtung etwa 2 bis 3 Mal so lange dauern, als bei dem feuchten Verfahren. Die Kollodium-Albuminplatten zeigen ausserordentlich feines Korn und fanden daher besonders bei nachträglicher Vergrösserung der Negative Verwendung.

Erhebliche Fortschritte machte das Trockenverfahren durch die Arbeiten des Major Russel (1862), welcher im Tannin ein vortreffliches Mittel entdeckte, den Platten ihre Lichtempfindlichkeit zu bewahren: Die Scheiben werden in gewohnter Weise mit jodirtem Kollodium übergossen, in das Silberbad gebracht, nach sorgfältigem Abspülen mit einer 4 % Tannin-Lösung übergossen und im Dunkeln getrocknet; so präparirt bewahren sie ihre Lichtempfindlichkeit länger als einen Monat.

Die grosse Unempfindlichkeit aller haltbaren Kollodiumplatten verwies den Mikrophotographen auf beinahe ausschliessliche Benutzung des Sonnenlichts. Daher sah man sich — in unseren Breiten wenigstens — vielfach genöthigt, auf das umständliche nasse Verfahren zurückzugreifen.

Mit einem Schlage änderte sich die Sache, als im Jahre 1878 in der Gelatine ein in jeder Beziehung zufriedenstellender Ersatz für das bis dahin fast ausschliesslich als Bildträger benutzte Kollodium gefunden wurde. Das Verfahren beruht im Wesentlichen auf der Silberung einer bromalkalihaltigen Gelatineauflösung. Hierdurch entsteht eine fälschlich Emulsion[1] genannte Schüttelmixtur, in welcher Bromsilber fein vertheilt ist. Diese hochgradig lichtempfindliche Flüssigkeit wird auf Glasplatten gegossen, die getrocknet und bis zum Gebrauch in gut verschlossenen Behältern aufbewahrt jahrelang brauchbar bleiben.

Die Bromsilbergelatine-Trockenplatten brachten sowohl in der Porträt- und Landschaftsphotographie, als auch in der Mikrophotographie gewaltige Umwälzungen hervor. Nunmehr konnte der Mikrophotograph seine ganze Aufmerksamkeit auf das Mikroskop richten, die Arbeit jederzeit unterbrechen und im geeigneten Momente wieder aufnehmen. Das war früher anders: Hatte man Alles zur Aufnahme vorbereitet und die Kollodiumplatte sensibilisirt, so musste wohl oder übel sofort belichtet werden, gleichgiltig ob die Sonne begann sich hinter Wolken zu verstecken oder ob vorüberfahrende Lastwagen den Apparat unaufhörlich in Schwingungen versetzten. Ein Abwarten von nur wenigen Minuten genügte, um den Erfolg in Frage zu stellen. Weitere, unschätzbare Vortheile brachte die hohe Empfindlichkeit der neuen Platten. Erst jetzt traten die künstlichen Lichtquellen in ihre vollen Rechte, auch diejenigen, welche wie die Gas- und Petroleumlampe früher nur zu vereinzelten, schüchternen Versuchen hergehalten hatten.

[1]) Unter Emulsionen versteht man Flüssigkeiten, in denen kleinste Fettkügelchen gleichmässig vertheilt sind. Davon ist in vorliegendem Falle keine Rede.

Entsprachen die Erfolge den Erwartungen, welche man gerechterweise an eine so bedeutsame Vereinfachung des Verfahrens knüpfte? Nein. Denn nunmehr stürzte sich ein Heer von Unberufenen auf die Mikrophotographie, welche nichts Eiligeres zu thun hatten, als „neue" Apparate zu konstruiren. Bis zu Negativen brachten es die Wenigsten und diese Wenigen entblödeten sich nicht, ihre unscharfen, verschleierten Erzeugnisse zu veröffentlichen. Mancher Gelehrte mochte im Hinblick auf die vorzüglichen, nach nassem Verfahren hergestellten Aufnahmen von C. Günther, G. Fritsch und R. Koch das Jodsilber-Kollodium-Zeitalter zurückwünschen.

Theils aus Liebhaberei, theils aus Sparsamkeitsrücksichten fertigen manche Mikrophotographen ihre Trockenplatten selbst. Das Verfahren ist keineswegs so schwierig und umständlich, dass es ein Geschickter nicht erlernen und ausüben könnte. Dennoch muss hiervor entschieden gewarnt werden; die Schwierigkeiten, ein gleichmässiges Fabrikat zu erzeugen, sind nämlich keine geringfügigen; sie treten um so mehr hervor, je kleiner der Betrieb ist. Gleichmässigkeit der Ware bleibt aber ein Haupterfordernis für das Gelingen guter Aufnahmen. Man vermehre daher die ohnehin reichlich vorhandenen Schwierigkeiten nicht unnöthig durch Verwendung unzuverlässiger Platten.

Die gewöhnlichen Bromsilberplatten zeigen eine hohe Empfindlichkeit für die dem violetten Ende des Spektrums nahe liegenden Farben, eine sehr geringe dagegen für Gelb und Roth. Das wird unbequem bei Verwendung solcher Lichtquellen, wo das Gelb vorherrscht, und bei Aufnahme von blau und violett gefärbten Präparaten. In letzterem Falle wirken nämlich die gefärbten Gewebe, Bakterien u. dergl. auf die Platte kaum minder kräftig, als der helle Untergrund, und es fehlen deshalb die Bedingungen des Zustandekommens eines Bildes.

Diesen Uebelständen half man ab durch Herstellung von Platten, welche auch für Gelb und Roth empfindlich sind. Dergleichen Versuche reichen in frühe Zeit zurück und sind keineswegs, wie Manche glauben, eine Errungenschaft der neuesten Zeit; sie wurden angebahnt durch den leider früh verstorbenen Schultz-Sellack. Albert in München, Vogel und Zettnow in Berlin und eine Reihe anderer Forscher befassten sich eingehend mit der Sache und brachten dieselbe auf eine hohe Stufe der Vollkommenheit.

Setzt man nämlich bestimmte Farbstoffe zum Jodsilber oder Bromsilber hinzu, so wird die Empfindlichkeit der Platten für gewisse Strahlen wesentlich erhöht, und zwar am meisten für diejenigen, welche durch den zugesetzten Farbstoff verschluckt werden. So erhöht z. B.

der Zusatz von Naphtalinroth, welches die gelbgrünen Strahlen absorbirt, die Empfindlichkeit der Platten für Gelbgrün.

Man nannte derart hergerichtete Platten ‚farbenempfindliche' oder ‚orthochromatische'. Durch das Wort ‚farbenempfindlich' wird bei Laien vielfach die Vorstellung erweckt, als handle es sich um Platten, welche die natürlichen Farben wiederzugeben im Stande sind. ‚Orthochromatisch' d. h. ‚rechtfarbig' soll andeuten, dass diese Platten die verschiedenen Farben in derselben oder annähernd derselben Helligkeit wahrnehmen, wie die Netzhaut des Auges. In jedem Falle thut man am Besten, eine Platte als roth- gelb- oder grünempfindlich zu benennen, wenn dieselbe neben dem Blau und Violett auch Roth, Gelb oder Grün in hervorragendem Masse wahrnimmt.

Durch Erhöhung der Empfindlichkeit für die dem rothen Ende des Spektrums nahe gelegenen Farben wird die Empfindlichkeit für kurzwellige Strahlen nicht beeinflusst. Die orthochromatische zeigt demnach eine grössere Gesammtempfindlichkeit als die gewöhnliche Platte.

Zur Färbung der Platten wurden namentlich durch Eder einige Hundert Farbstoffe auf ihre Wirksamkeit geprüft; doch fanden nur wenige Eingang in die Praxis. Cyanin bewirkt die stärkste Empfindlichkeit für Roth und Orange. Grün- und Gelbempfindlichkeit erlangen die Platten bei Färbung mit Chinolinroth und dem Gemisch desselben mit Cyanin, dem sogenannten Azalin, vor allen Dingen jedoch durch Zusatz von Eosin und Erythrosin (Zettnow [1]). Erythrosin hat nach den Untersuchungen von Zettnow für die Mikrophotographie die höchste Bedeutung; wir bedienen uns deshalb ausschliesslich desselben.

Der Farbstoff lässt sich auf zwei Weisen der Bromsilber-Gelatine zuführen: Entweder durch Färben der Emulsion vor dem Giessen der Platten oder durch Baden der fertigen, trockenen Platten vor dem Gebrauch in einer Lösung des Farbstoffs. Beide Methoden haben ihre Vortheile: Die Färbung der Emulsion wird vom Fabrikanten ausgeführt und enthebt den Mikrophotographen aller weiteren Vorbereitungen. Auch ist die Haltbarkeit eine grössere, als diejenige der Badeplatten. Bei letzteren fällt dagegen in's Gewicht, dass man sie sich jederzeit leicht selbst herstellen kann, was besonders an solchen Orten Annehmlichkeiten hat, wo Plattenfabriken nicht existiren. Dass, wie behauptet

[1]) Centralblatt f. Bakteriologie u. Parasitenkunde Bd. IV, 1888, S. 51. — Photographische Correspondenz 1889. — Eder's Jahrbuch für Photographie u. Reproduktionstechnik für 1889 und 1890.

wurde, allein die in der Emulsion gefärbten Platten hart arbeitend herzustellen sind, kann Verfasser nicht zugeben; auch Badeplatten arbeiten hart, wofern man nur geeignete Plattensorten hierfür verwendet.

Mehrere Firmen fertigen in der Emulsion gefärbte gelbempfindliche Platten in grösserem Massstabe, so z. B. Perutz in München, welcher die Vogel-Obernetter'schen Eosinsilberplatten in den Handel bringt. Nach den Untersuchungen von Zettnow sind dieselben nicht mit Eosin (Alkali-Tetrabromfluorescin), sondern mit Erythrosin (Alkali-Tetrajodfluorescin) gefärbt[1]. Die Haltbarkeit der von uns untersuchten Perutz-Platten war eine mangelhafte: schon nach wenigen Wochen zeigten sich starke Randschleier, mitunter auch allgemeine Schleier.

Schippang und Wehenkel in Berlin (Stralauer-Str.) fertigen Erythrosinplatten, welche in jeder Beziehung befriedigen[2].

Verfasser arbeitet ausschliesslich mit den nach Zettnow'scher Vorschrift hergestellten Erythrosin-Badeplatten und fand bisher keinen Grund, hiervon abzugehen. Das Färben bereitet nicht die mindesten Schwierigkeiten; es eignet sich jede gute, schleierfreie, nicht grobkörnige und nicht zu weiche Platte (z. B. von Sachs & Comp. Berlin, Ritter-Str. 88). Um auf jeden Fall sicher zu gehen, prüfe man vorher, ob eine dem Packet entnommene Platte nach zwei Minuten langem Einweichen in destillirtem Wasser und darauf folgendem Einlegen in frischen Entwickler schleiert, weil beim Guss zugesetztes Bromkali ausgewaschen ist; sonst schiebt man die Schuld, wenn eine solche Platte gefärbt wurde und schleierte, auf das Erythrosin, anstatt auf diesen Umstand. Einen geringen Schleier kann man durch Zusatz von Bromkali zum Entwickler unschädlich machen. Das zum Färben verwendete Erythrosin beziehe man von Schuchardt in Görlitz (10 g kosten 1 M.); von anderen Fabriken hergestellte Erythrosine erwiesen sich für unsere Zwecke als weit weniger brauchbar.

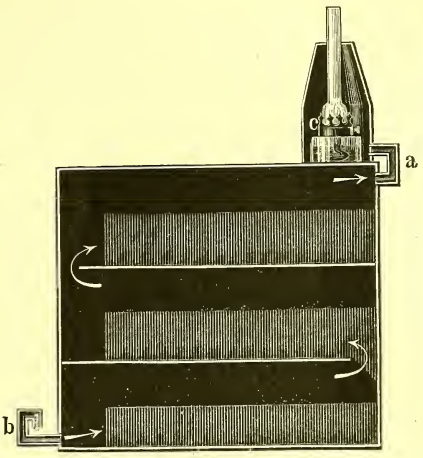
Als Vorrath dient eine Lösung von 1 g Erythrosin auf 500 cc Alkohol von 95 %.

Zum Bade mische man 200 cc destillirtes Wasser, 5 cc Erythrosinlösung und filtrire zur Abhaltung von Staubpartikelchen. Hierin werden — natürlich in der Dunkelkammer — die Platten 60 bis 70 Sekunden unter steter Bewegung der Schale gebadet; dann lässt man dieselben zehn Minuten auf Fliesspapier ablaufen und stellt sie entweder frei

[1]) Eder's Jahrbuch für Photographie u. Reproduktionstechnik für 1890, S. 172.

[2]) Die Aufnahmen in Fraenkel u. Pfeiffer's Atlas der Bakterienkunde wurden vorwiegend mit diesen Platten gefertigt.

auf einem Negativständer oder im Trockenkasten auf. Das Trocknen hat im absolut dunklen Raume zu geschehen und beansprucht je nach der Temperatur verschieden lange Zeit; im Sommer genügen wenige Stunden, im Winter ist mitunter ein ganzer Tag erforderlich. Als Trockenkasten lässt sich jede grosse, mit schwarzem Stoff überzogene Kiste verwenden. Um das Trocknen durch Luftzug zu beschleunigen, bringt man über der Kiste in einem Gehäuse, welches nur für den Cylinder eine Oeffnung besitzt (Figur 61), eine Petroleumlampe *c* an. Ein gebogenes Rohr *a* vermittelt die Verbindung mit dem Innern der Kiste. Unten ist zum Zwecke der Luftzufuhr ein ebenfalls gebogenes Rohr *b* angebracht, in dessen Mündung ein dünner, die Staubpartikelchen abfangender Wattebausch steckt. Die Biegungen der Rohre *a* und *b* verhindern, dass Licht in die Kiste fällt. Zündet man die Petroleumlampe an, so streicht ein kräftiger, staubfreier Luftstrom in Richtung der Pfeile durch den Kasten.



61.

Setzen sich während des Badens und Trocknens Staubpartikelchen auf der Platte fest, so erscheinen nach der Entwicklung im Negativ kleine helle Pünktchen und Striche, welche davon herrühren, dass hier Licht nicht einwirkte.

Die getrocknete Erythrosin-Badeplatte ist ebenso wie die in der Emulsion gefärbte rosaroth; dieser Farbenton hält sich auch während der Entwicklung und Fixirung und schwindet erst bei gründlichem Waschen, bei Badeplatten nach etwa einer Stunde, bei den anderen kaum nach 24 Stunden. Schneller gelangt man bei sehr starken Färbungen durch Wässern in 2 % Kochsalzlösung zum Ziel.

Die getrockneten Badeplatten halten sich gut aufbewahrt etwa 4 Wochen; dann tritt beim Entwickeln Neigung zu Randschleiern und zu allgemeiner Verschleierung auf. Setzt man Ammoniak zum Bade hinzu, so erhöht sich dadurch die Empfindlichkeit bedeutend; da aber dann die Platten kaum länger als einen Tag haltbar bleiben, so können wir diese Methode dem Mikrophotographen nicht empfehlen.

Durch das Erythrosin erlangt die Platte eine hohe Empfindlichkeit für Grün, besonders für gelbgrüne Strahlen von Wellenlänge 560. Ihre Empfindlichkeit für die letzteren ist bei Sonnenlicht $1^1/_2$ bis 2 Mal, bei dem an gelbgrünen Strahlen reichen, an blauen armen Petroleumlicht dagegen 10 bis 12 Mal so gross als für blaue. Benutzt man daher Petroleumlicht als Lichtquelle, so wird sich selbst ohne Filter bei Systemen mit Fokusdifferenz letztere kaum geltend machen, da man mit denjenigen Strahlen für das Auge scharf einstellt, welche auch die Platte als die hellsten empfindet. Bei Sonnenlicht thut man gut, die blauen und violetten Strahlen durch ein Filter auszuschalten, und zwar eignet sich hierfür am Besten das Zettnow'sche Kupfer-Chromfilter (s. S. 63), weil es nur diejenigen Strahlen hindurchlässt, für welche die Erythrosinplatte die höchste Empfindlichkeit besitzt. Wer ganz sicher gehen will, mag auch bei Petroleumlicht ein verdünntes grüngelbes Filter einschalten; hier reicht eine gesättigte Pikrinsäure-Lösung aus.

Würde man eine gewöhnliche Bromsilberplatte in Verbindung mit dem Zettnow'schen Filter verwenden, so müsste wegen grosser Unempfindlichkeit derselben gegen grüngelbes Licht die Exposition ausserordentlich lange währen.

Die Erythrosinplatte hat gegenüber der gewöhnlichen Platte auch noch den Vorzug, dass sie feine Linien weit schärfer wiedergiebt, als letztere, für die Mikrophotographie eine Thatsache von grösster Wichtigkeit.

Benutzt man zur Aufnahme monochromatisches blaues Licht, so schliesst dies die Verwendung der Erythrosinplatte keineswegs aus, da, wie bereits bemerkt, durch den Zusatz der Farbe die Gelbempfindlichkeit wohl erhöht, die Blauempfindlichkeit jedoch nicht vermindert wird.

Seit langen Jahren ist man bemüht, die schwere, zerbrechliche Glasplatte durch ein leichtes, dauerhaftes Material, in erster Linie durch Papier, zu ersetzen. So hoch die hierdurch gebotenen Vortheile auch für Reisen, Ballonaufnahmen und dergl. sind, hat die Sache für den Mikrophotographen doch nur in dem Falle Werth, wo es sich nach dem von Capranica vorgeschlagenen Verfahren (s. S. 149) um grosse Reihen von schnell hinter einander zu fertigenden Serien-Momentaufnahmen handelt. Man stellte für derartige Zwecke mit Bromsilber-Gelatine präparirtes Papier her (Eastman's Negativ-Papier), das auf Spulen gewickelt in Rollkassetten verwendet und nach der Hervorrufung mit Oel durchsichtig gemacht wird, um das Kopiren zu erleichtern und das Korn des Papiers möglichst zum Schwinden zu bringen.

Letzteres gelingt jedoch nicht vollständig; es empfiehlt sich daher, nach der Entwicklung die Bromsilber-Gelatineschicht vom Papier abzuziehen, was auf folgende Weise geschieht: Man übergiesst eine reine Glasplatte mit Gummilösung und Rohkollodium, quetscht das Negativ darauf und taucht es in warmes Wasser, in welchem sich das Papier ablöst und nur die dünne Negativhaut auf dem Glase zurücklässt. Nunmehr quetscht man auf diese Negativhaut ein Gelatineblatt und lässt trocknen. Nach dem Trocknen ist das Negativ von dem Glase abzuziehen; es rollt sich nicht, ist höchst durchsichtig und hinreichend widerstandsfähig[1].

O. Perutz in München bringt neuerdings lichtempfindliche Bromsilber-Gelatinehäutchen in den Handel. Von Amerika aus werden die an Stelle der Platten anzuwendenden Celluloid-Films warm empfohlen.

Es leuchtet ein, dass diese Ersatzmittel der lichtempfindlichen Platte für die Mikrophotographie nur dann brauchbar sind, wenn sie durch Behandeln mit Erythrosin Empfindlichkeit für gelbgrüne Strahlen erlangt haben.

2. Die Belichtung.

Vor dem Einschieben der mit lichtempfindlicher Platte geladenen Kassette überzeuge man sich noch ein Mal davon, dass die Einstellung eine tadellose ist. Die wichtigste Stelle im Präparat muss sich in der Mitte des hellen Lichtkreises auf der Visirscheibe befinden. Bei schwachen Objektiven erreicht man unschwer gleichmässige Schärfe von Rand bis zu Rand, bei starken hat man sich mit scharfer Mitte zu begnügen. Grösstmögliche Schärfe ist erzielt, wenn bei geringfügigster Drehung der Mikrometerschraube die Umrisse sofort verwaschener werden. Bei starker Wölbung des Gesichtsfelds erweist es sich mitunter als zweckmässig, nicht genau auf die Mitte, sondern auf die zweite Zone scharf einzustellen, um ausgedehntere Abschnitte des Objekts im Bilde scharf zu erhalten. Doch darf man hierbei nicht zu weit gehen, weil hochgradige Unschärfe der Mitte einen ungünstigen Eindruck macht. Stellt man auf die zweite Zone scharf ein, so muss die wichtigste Stelle des

[1]) Das Papier ist zu beziehen durch R. Talbot in Berlin, Kaiser-Wilhelm-Strasse 46.

Präparats in dieser Zone gelegen sein. Wenn irgend möglich richtet man es bei beabsichtigter Unschärfe der Mitte so ein, dass, was bei Bakterienpräparaten häufig keine Schwierigkeiten bereitet, die Mitte frei bleibt.

Nachdem Alles zur Aufnahme vorbereitet und die lichtempfindliche Platte in der Dunkelkammer in die Kassette eingelegt ist, schiebt man letztere nach Herausnahme der Visirscheibe in den hierfür hinten an der Kamera angebrachten Rahmen. Sind Kamera und Mikroskop auf demselben Brette befestigt, so hat dies Einschieben mit grösster Vorsicht zu geschehen, weil sonst, zumal beim Arbeiten mit starken Objektiven, in Folge der sich auf das Mikroskop fortpflanzenden Erschütterungen die feine Einstellung leidet. Verfasser hatte wiederholt Gelegenheit, zu beobachten, dass bei derartigen mikrophotographischen Apparaten, besonders dann, wenn Tubus und Kamera fest oder durch einen straffen, lichtdichten Aermel verbunden waren, eine gute Aufnahme niemals gelang, weil selbst bei äusserster Behutsamkeit die Einstellung sich änderte. Ruhen Kamera und Mikroskop auf gesonderten Tischen und verbindet die in Figur 13 auf Seite 21 dargestellte Vorrichtung beide Theile, so sind besondere Vorsichtsmassregeln beim Einschieben der Kassette und Aufziehen des Schiebers nicht zu beobachten.

Vor dem Oeffnen des Kassettenschiebers verdunkelt man das Gesichtsfeld durch Einschaltung einer geschwärzten Pappscheibe zwischen Beleuchtungsapparat und Lichtquelle. Unterlässt man dies, so würde, abgesehen von den während des Oeffnens und Schliessens des Schiebers unvermeidlichen Erschütterungen der Kamera die eine Hälfte der Platte länger dem Lichte ausgesetzt sein, als die andere. Die verdunkelnde Pappscheibe steht frei auf der optischen Bank, ohne irgend eine der zur Beleuchtung dienenden Vorrichtungen zu berühren. Man glaube nicht, dass, selbst wenn die Aufnahme im hellen Zimmer geschieht und zwischen Pappscheibe und Objekttisch sich ein ansehnlicher Zwischenraum befindet, hier irgendwelches Licht in das Objektiv gelangen kann. Ist die Pappscheibe weiss und wird sie von der Mikroskopseite aus hell erleuchtet, so wirkt sie allerdings als Lichtquelle.

Soll die Exposition beginnen, so nimmt man die Pappscheibe fort um sie zur Beendigung derselben wieder an ihren alten Platz zu setzen. Darauf ist der Kassettenschieber zu schliessen.

Unmittelbar nach dem Einschieben der Kassette deckt man über die Kamera ein schwarzes Tuch und entfernt dasselbe nicht eher, bis die Kassette in die Dunkelkammer zurückgebracht wird. Dies bietet den besten Schutz gegen unwillkommenes Nebenlicht, welches besonders

bei alter und wenig sorgfältig gearbeiteter Kassette und Kamera leicht seinen Weg auf die Platte findet.

Hat man alle Vorsichtsmassregeln auf's Peinlichste befolgt und entwickelt nun in der später zu beschreibenden Weise, so ist man nicht selten unangenehm davon überrascht, statt des scharf gezeichneten ein völlig verwaschenes Bild erscheinen zu sehen. Das kann zwei verschiedene Ursachen haben: Entweder wurde der Apparat erschüttert, oder die Einstellung änderte sich während der Belichtung in Folge von Verziehen des Mikroskops. Ersteres macht sich bei kurzen, letzteres bei langen Belichtungen am unangenehmsten bemerkbar.

Es zeugt von geringer Sachkenntnis, wenn man, wie dies oft geschah, behauptet, dass Erschütterungen bei kurzer Exposition wenig schaden. Dauert die Belichtung eine Sekunde und wurde während dieser Zeit durch einen vorüberfahrenden Wagen der Apparat in Schwingungen versetzt, so ist die Aufnahme unrettbar verloren; bei Minuten langer Exposition ist dagegen eine wenige Sekunden anhaltende Erschütterung belanglos. Arbeitet man daher mit Sonnenlicht oder einer anderen sehr intensiven Lichtquelle, so muss zur Eposition durchaus ein ganz ruhiger Augenblick abgewartet werden. Bei längeren Belichtungen unterbricht man durch Einschaltung der Pappscheibe zwischen Objekt und Lichtquelle die Exposition, sobald Erschütterungen auftreten, und erhellt das Gesichtsfeld erst wieder nach Eintritt völliger Ruhe. Dies kann während jeder Aufnahme beliebig oft wiederholt werden, nur darf hierdurch weder eine Verlängerung noch Verkürzung der beabsichtigten Belichtung stattfinden.

Mag man nun Sekunden oder Minuten belichten, auf jeden Fall ist es dringend anzurathen, während dieser Zeit neben dem Mikroskop auf einem Stuhl Platz zu nehmen. Sonst würde der Mikrophotograph Gefahr laufen, selbst Veranlassung von Erschütterung zu werden. Abgesehen davon, dass der Anfänger während der Belichtung in der Regel vor Aufregung zittert, fällt es auch dem Ruhigsten schwer, stehend seine Gleichgewichtslage unverändert beizubehalten, um so mehr, als er den Arm ausstrecken muss, um den Pappschirm zu ergreifen und wieder hinzusetzen. Beim Sitzen liegen die Verhältnisse hierfür günstiger. Nur bei sehr langen Belichtungen wird man möglichst behutsam das Zimmer verlassen und zur Beendigung der Exposition ebenso vorsichtig in dasselbe zurückkehren.

Die zweite Ursache des Verderbens von Aufnahmen, das Verziehen des Mikroskops während der Belichtung, ist recht störend bei allen mikrophotographischen Arbeiten, wo es sich nicht um schwache

Objektivvergrösserung und ganz kurze Expositionen handelt. Ihren Grund hat diese Erscheinung in der Schwere des Tubus, welcher in horizontale Lage gebracht seine ihm angewiesene Stellung nicht genau innehält und hierdurch den Abstand zwischen Objekt und Präparat verändert. Bei grossen und schweren Stativen macht sich das Verziehen weit mehr bemerkbar, als bei kleinen und leichten. Dem Uebelstande wäre nur durch besonders konstruirte Stative abzuhelfen, bei welchen der Tubus in seiner Mitte und nicht am unteren Ende an starker, gut befestigter horizontaler Metallstange montirt wird. Das würde natürlich die Gebrauchsfähigkeit des Mikroskops für gewöhnliche Arbeiten schwer beeinträchtigen.

Eine Folge des Verziehens ist, dass, wenn man völlig scharf auf der Visirscheibe eingestellt hat, schon nach einigen Minuten die Schärfe zu wünschen übrig lässt. Am Auffallendsten tritt dies in Erscheinung bei Verwendung von starken Objektiven und kurz nach dem Umlegen des Mikroskops. Nach einiger Zeit kommt das Stativ zur Ruhe und die Einstellung ändert sich dann nicht mehr, wofern nur die Temperatur des Raumes annähernd konstant bleibt. In den meisten Fällen genügt ein Abwarten von einer halben Stunde; man mache es sich jedoch zur Regel, niemals früher zu exponiren, bevor nicht die Einstellung während der Zeit sich unverändert hält, die zur Belichtung in Aussicht genommen wird. Mitunter ist das für den Mikrophotographen eine harte Geduldsprobe, — es ist nicht die einzige. Geduld bleibt bei mikrophotographischen Arbeiten erste Vorbedingung. Nach zehn misslungenen Aufnahmen lasse man es sich nicht verdriessen, zum elften Male zu exponiren; vielleicht wird dann die Platte brauchbar, welche das Dutzend voll macht.

Dass nach längerem Stehen thatsächlich völlige Unveränderlichkeit der Einstellung eintritt, hatte Verfasser Gelegenheit an einem Versuche zu erproben: Es handelte sich um Aufnahme von Amphipleura pellucida bei Petroleumlicht mit gewöhnlicher Bromsilberplatte. Die Diatomee lag in dunkelgrünem Medium eingebettet; bei der geringen Empfindlichkeit der verwendeten Platte musste volle sechs Stunden belichtet werden. Das Resultat war ein tadellos scharfes Negativ [1]. Allerdings hatte der Apparat vor Beginn der Exposition unter wiederholter Kontrolle der Einstellung drei Stunden gestanden.

---

[1]) Die Aufnahme geschah mit einer Apochromat-Oelimmerion von Zeiss, 2 mm Brennweite, 1,40 Ap., welche gegen geringste Aenderungen im Objektivabstande überaus empfindlich ist.

Bei langen Belichtungen ist für gleichmässige Temperatur des Arbeitszimmers Sorge zu tragen; eine Aenderung um mehrere Grad während der Exposition hat eine Längenveränderung der Metalltheile zur Folge, welche für die Bildschärfe verderblich wird. Aus diesem Grunde darf man auch eine Petroleum- oder Gasflamme, oder elektrisches Glühlicht nahe dem Objekttisch nicht aufstellen, weil sich das Stativ allmählich erwärmen würde.

Hat man eine Aufnahme vollendet und entfernt man durch einige Drehungen der Mikrometerschraube den Tubus ein wenig vom Objekttisch, um die Präparate auszuwechseln, so verstreicht wiederum einige Zeit, bis der Tubus in seine Ruhelage eingetreten ist. Um diese Zeit nicht unnöthig zu verlängern, empfiehlt es sich, beim Auswechseln das Mikroskop in horizontaler Stellung zu belassen.

Die zur Durcharbeitung eines kräftigen Negativs nothwendige Belichtungszeit ist von verschiedenen Umständen abhängig: Zuerst spielt die Empfindlichkeit der Platten eine Hauptrolle. Wie verlockend es auch sein mag, zur möglichsten Abkürzung der Exposition recht hochempfindliche Platten zu wählen, so sprechen doch gewichtige Gründe gegen ein solches Verfahren. Mit der Steigerung der Empfindlichkeit wächst auch die Weichheit, um nicht zu sagen Flauheit der Negative. Man erhält aber in der Mikrophotographie mit hart arbeitenden Platten stets bessere Resultate. Es giebt Mittel und Wege, zu grosse Härte zu vermeiden; in flau arbeitende Platten Kraft hinein zu bringen bleibt vergebliche Mühe; man erhält bei ihnen als Endresultat jene grau in grau gehaltenen Bilder, welche für die aufgewendete Zeit und Arbeit niemals entschädigen. Ueberdies pflegt mit hochempfindlichen Platten ein grobes Korn Hand in Hand zu gehen, durch welches die Bilder ein unangenehmes, sandiges Aussehen bekommen, zumal wenn nachträgliche Vergrösserung des Negativs vorgenommen wird. Man wählt daher am Besten etwas hart arbeitende Platten von mittlerer Empfindlichkeit.

Dass ferner die Art der Lichtquelle, ihre Intensität und ihr Reichthum an Strahlen, für welche die verwendete Platte hervorragende Empfindlichkeit besitzt für die Expositionszeit von wesentlichster Bedeutung ist, braucht kaum besonders erwähnt zu werden. Direktes Sonnenlicht gestattet unter allen Umständen, mag man mit blau- grün- oder gelbempfindlichen Platten arbeiten, die kürzeste Exposition. Alle diejenigen Lichtquellen, welche wie Magnesiumlicht und elektrisches Bogenlicht wegen ihrer Unruhe und ungleichmässigen Helligkeit die Einschaltung einer matten Scheibe nothwendig machen, büssen durch

diesen Umstand viel von den Vorzügen ihrer Intensität ein. Die bei Petroleumlicht unter Anwendung der Erythrosinplatte nothwendigen Expositionen sind bei gewöhnlichen Verhältnissen unter keinen Umständen so lang, dass die Anwendbarkeit dieser Lichtquelle hierdurch ernstlich in Frage gezogen würde. Selbst bei Bakterienaufnahmen in tausendfacher Vergrösserung belichten wir gegenwärtig kaum je länger als 5 Minuten.

Dass die Helligkeit des Gesichtsfelds und demnach auch die Länge der Exposition von der Breite des zur Beleuchtung verwendeten Lichtkegels abhängt, wurde in Abschnitt IV auseinandergesetzt. Leider ist es nicht statthaft, zum Zwecke möglichst kurzer Belichtung die Breite des Beleuchtungskegels beliebig zu vergrössern, da, wie wir sahen, verschiedene Präparate verschieden breite Kegel erfordern.

Die Länge der Belichtungszeit ist auch abhängig von dem Grade der Vollkommenheit, welcher in der Korrektion der Objektive erreicht ist. Gut korrigirte Systeme vereinigen weit mehr Lichtstrahlen in einem Punkte des Bildes, als schlecht korrigirte. Abgesehen von dem genauen Zusammenfallen der verschiedenen Spektralfarben vereinigen sich bei sorgfältig verbesserten Linsen die Randstrahlen, welche bei mangelhafter Korrektion selbständige Bilder erzeugen, mit den centralen Strahlen zu einem Bilde. Aus diesem Grunde gestatten die Apochromate bei gleicher Vergrösserung kürzere Belichtung, als Systeme älterer Konstruktion.

Von weittragendstem Einfluss auf die Expositionszeit ist die Beschaffenheit der Präparate: ihre Dicke und die Intensität ihrer Färbung. Sehr dicke und dunkel, besonders mit rothen oder braunen Farbstoffen gefärbte Objekte erfordern zumeist ungewöhnlich lange Belichtung, Gewebsschnitte eine wesentlich längere, als Deckglas-Trockenpräparate.

Bei Anwendung derselben Objektive wächst unter sonst gleich bleibenden Nebenumständen die Länge der Belichtungszeit bei zunehmender Vergrösserung im quadratischen Verhältnis, gleichgiltig, ob die stärkere Vergrösserung herbeigeführt wird durch längere Kamera oder durch ein stärkeres Projektionsokular. Wird daher die Platte bei tausendfacher Vergrösserung in 4 Minuten gut durchgearbeitet, so erheischt eine zweitausendfache 16 Minuten.

Aus Obigem erhellt, dass die richtige Bestimmung der Expositionszeit eine schwierige Sache ist, um so schwieriger, je stärkeren Schwankungen die Helligkeit des Lichts unterliegt. Bei der gleichmässigen Helligkeit des Petroleumlichts oder anderer, ähnlicher Lichtquellen verfährt der Mikrophotograph wie der Artillerist beim Schiessen: Zuerst

zu kurz, dann über das Ziel hinaus; der dritte Schuss mit Sicherheit ein Treffer.

Ist man über die Länge der Belichtungszeit im Unklaren, so empfiehlt es sich, bei der ersten Aufnahme lieber zu kurze, als zu lange Zeit zu belichten. Dem Geübten fällt es nicht schwer, aus dem Erscheinen des Bildes bei der Entwicklung zu beurtheilen, um wie viel die Exposition zu kurz war. Aus einer überexponirten Platte, wo das Bild im Entwicklungsbade sofort unter einem grauen Schleier verschwindet, lässt sich das Mass der Ueberbelichtung schwer bestimmen.

Durch lange Uebung erwirbt sich der Mikrophotograph eine gewisse Fertigkeit, aus der Helligkeit des Bildes auf der matten Einstellscheibe — auf der durchsichtigen Scheibe sieht das unbewaffnete Auge überhaupt Nichts — einen Schluss auf die nothwendige Belichtungszeit zu ziehen. Der Anfänger kann hierbei gröbsten Irrthümern nicht entgehen. Ein mit Sonnenlicht unter Einschaltung einer dunkelblauen Absorptionsflüssigkeit beleuchtetes Objekt erscheint in zweitausendfacher Vergrösserung auf der Visirscheibe sehr dunkel und erfordert doch nur wenige Sekunden Belichtung, während bei Beleuchtung mit Petroleumlicht, ohne Filter, trotz scheinbar grösserer Helligkeit vielleicht 100 Mal so lange exponirt werden muss. Der Geübte berücksichtigt neben der absoluten Helligkeit die grosse Reihe der mitwirkenden Nebenumstände und bildet daraus sein Urtheil; der Anfänger schätzt nur nach dem Eindruck auf der Netzhaut und irrt sich gründlich.

Benecke [1] erdachte ein ebenso einfaches wie sinnreiches Verfahren, durch welches man bei gleich bleibender Intensität des Lichts die für jedes Präparat günstigste Expositionszeit mit Leichtigkeit auf einer einzigen Platte ermitteln kann: Man exponirt beide Hälften einer Platte verschieden lange. Zu dem Behufe wird die Kassette wie gewöhnlich in den Apparat eingeschoben, ihr Schieber halb geöffnet und die zwischen Objekttisch und Lichtquelle aufgestellte Pappscheibe für eine bestimmte Zeit, z. B. 10 Sekunden fortgenommen und dann wieder vorgesetzt. Darauf öffnet man den Schieber der Kassette ganz und lässt das Licht abermals 10 Sekunden einwirken. Die eine Hälfte der Platte hat dann 10 Sekunden Licht empfangen, die andere 20. Natürlich kann man bei Anwendung grösserer Platten durch immer weiteres Aufziehen des Kassettenschiebers 4 und mehr Theile der Platte verschieden lange belichten. Aus der Art, wie sich dann bei der Hervorrufung die verschiedenen Abschnitte des Negativs entwickeln, ist leicht zu ersehen, welche Exposition die richtige war.

[1]) A. a. O. S. 153.

Zeiss[1] änderte dies Verfahren ab, indem er für die Expositionsskala eine besondere Kassette fertigte, welche in Schienen laufend ermöglicht, die photographische Platte vor einem schmalen, für die Beurtheilung des Bildes aber ausreichend breiten Spalt vorüberzubewegen, der stets nur denselben kleinen Theil des Bildes auf der Platte zur Wirkung gelangen lässt. Bei der Entwicklung erkennt man, welcher Bildstreifen am richtigsten belichtet ist. Zeiss giebt seinem Special-Katalog eine nach dieser Methode gefertigte Probeaufnahme (Pleurosigma angulatum Tafel IV) bei, welche in vortrefflicher Weise die Wirkung der 6 verschieden langen Belichtungen veranschaulicht. Dergleichen Versuche erleichtern nicht nur das Auffinden der richtigen Expositionszeit, sondern sind auch recht lehrreich, indem sie das Aussehen von über-, unter- und richtig exponirten Bildern zeigen.

Mit den sonst in der Photographie zur Messung der Lichtstärke angewendeten Photometern ist wegen der bei mikrophotographischen Arbeiten sehr verwickelten Verhältnisse nicht viel anzufangen.

Moitessier[2] glaubte die Beobachtung zu machen, dass bei Anwendung einer mit Kupfervitriollösung gefüllten Absorptionsküvette eine Ueberexposition selbst bei ungewöhnlich langer Belichtung nicht zu fürchten ist. Er nahm an, dass die blauen Strahlen in einer gewissen Zeit eine Maximalwirkung ausüben, die genau den Anforderungen des Mikrophotographen entspricht und die bei weiter verlängerter Exposition nicht leicht überschritten wird. Schon Benecke konnte die Richtigkeit dieser Annahme nicht bestätigen. Es ist nicht leicht nachzuweisen, wie der sonst so scharf beobachtende Moitessier zu dem Trugschlusse gelangte. Man darf nicht vergessen, dass die Einschaltung einer tiefblauen Flüssigkeit in Folge von Absorption längere Belichtung gestattet; aber ein Zuviel macht sich in derselben unangenehmen Weise bemerkbar wie bei Verwendung von weissem Licht.

Bei Beleuchtung mit auffallendem Licht ist unter allen Umständen viel länger zu belichten als bei durchfallendem; ebenso erfordern stereoskopische, mit halber Blendung gefertigte Aufnahmen erheblich längere Exposition, weil nur das halbe Objektiv in Wirksamkeit tritt. Bei Verwendung der stereoskopischen Wippe, wo die Objektivöffnung in gewohnter Weise arbeitet, ist dies nicht der Fall.

Dass ferner alle Polarisationsapparate die nothwendige Belichtungszeit wesentlich verlängern, da sie einen bedeutenden Bruchtheil der

---

[1]) Zeiss, Special-Katalog S. 41.

[2]) A. a. O. S. 284.

Strahlen nicht hindurchtreten lassen, ist selbstverständlich; man muss bei ihrer Benutzung mindestens 5 bis 6 Mal so lange exponiren, als unter gewöhnlichen Verhältnissen.

Momentane Belichtung, die in der Mikrophotographie nur in besonderen Fällen Anwendung findet, ist ein dehnbarer Begriff. Der Photograph versteht unter Moment jede Zeit, welche kürzer ist als eine Sekunde. Als die verhältnismässig unempfindlichen, nassen Kollodiumplatten noch ausschliesslich das Feld beherrschten, hatte man in dieser Beziehung ein weites Gewissen. Wurde doch vor nicht allzu langen Jahren die Frage: „Was ist ein photographischer Moment?" allen Ernstes beantwortet mit „3 Sekunden". Vernünftiger Weise kann man mit Moment nur einen verschwindend kleinen Bruchtheil der Sekunde bezeichnen. Auf welche Weise so kurze Belichtungen zu Stande kommen, wurde früher auseinandergesetzt.

Augenblicksaufnahmen lassen sich in der Mikrophotographie kaum anders als mit direktem Sonnenlicht bewerkstelligen. Bei schwachen Vergrösserungen reichen so kurze Expositionen zum Durcharbeiten der Platte um so mehr aus, als es sich hierbei stets um ungefärbte Präparate handelt, wo also wenig Licht durch Absorption verloren geht. Arbeitet man mit starken Objektiven, so sieht man sich häufig genöthigt, zu besonders hochempfindlichen Platten zu greifen. Unter Umständen empfiehlt es sich, die Originalaufnahme mit ganz kurzem Bildabstande, bei dem sich eine kleine Kassette an der Stelle des Okulars befindet, vorzunehmen und das auf diese Weise erhaltene Negativ nachträglich zu vergrössern. Die Helligkeit ist hierbei am grössten, aber die nachträgliche Vergrösserung ist unbequem und trägt niemals zur Verschönerung des Bildes bei.

Nur bei richtiger Belichtung der Platte erzielt man gut durchgearbeitete, an Halbtönen reiche Negative. Bei zu kurzer Exposition wird das Bild hart und enthält keine Uebergänge zwischen Schwarz und Weiss, bei zu langer fehlt die Kraft, die Einzelheiten sind grau und ein Schleier liegt über dem Ganzen. Bei Bakterienaufnahmen, wo es hauptsächlich auf möglichst scharfe Umrisse der kleinsten Organismen ankommt, exponirt man nicht selten absichtlich etwas zu kurze Zeit. Gilt es jedoch, die Einzelheiten innerhalb der Bakterien zur Anschauung zu bringen, so ist die Belichtungszeit reichlich zu bemessen.

Geringe Fehler in der Wahl der Expositionszeit lassen sich durch richtige Behandlung der Platte beim Hervorrufen des Bildes ausgleichen. Hier vermag der Photograph von seinem Können Beweise zu erbringen.

Im Folgenden wollen wir versuchen, einige Anhaltspunkte über

die Belichtungszeiten bei Sonnen- und Petroleumlicht zu geben, doch sei ausdrücklich bemerkt, dass diese Zahlen nur unter bestimmten Verhältnissen zutreffend sind. Nach obigen Erörterungen kann nicht zweifelhaft bleiben, dass es unmöglich ist, Expositionszeiten in Minuten und Sekunden für jeden einzelnen Fall festzusetzen. Die angeführten Werthe beziehen sich auf Erythrosin-Badeplatten von mittlerer Empfindlichkeit, gute, d. h. möglichst dünne und nicht zu kräftig gefärbte Präparate, beste Ausnutzung der Lichtquelle und sorgfältig korrigirte Objektive. Bei Benutzung anderer Lichtarten lassen sich durch Vergleichung mit nachfolgenden Ziffern die Expositionszeiten für verschiedene Vergrösserungen ableiten, sobald man durch den Versuch die für eine bestimmte Vergrösserung nöthige Belichtung ermittelt hat.

Petroleumlicht.

Objektiv-System:	Beleuchtung mit:	Lichtfilter:	Linear-vergr.:	Belichtungs-zeit
Landschafts-Linse	Grosser Sammellinse	O	bis 15	20-60 Sek.
Schwaches Trocken-System, z.B. Hartnack Nr. IV.	Grosser Sammellinse	Pikrin-Säure od. verdünntes Zettnow-sches Filter	20-80	10-100 Sek.
Starkes Trocken-System, z.B. Hartnack Nr. VII	Grosser Sammellinse oder Kondensor	O	150-350	2-5 Min.
Oel-Immersion	Abbe'schem Beleucht.-Apparat	O	500-1000	3-5 Min.

Sonnenlicht.

Landschafts-Linse	Grosser Sammellinse	Zettnow'sches Kupfer-Chrom-Filter	bis 15	Bruchtheile von Sekunden
Schwaches Trocken-System, z. B. Hartnack Nr. IV	Grosser Sammellinse	Zettnow'sches Filter	20-80	Bruchtheile von Sekunden
Starkes Trocken-System, z. B. Hartnack Nr. VII	Grosser Sammellinse oder Kondensor	Zettnow'sches Filter	150-350	1/4-1 Sek.
Oel-Immersion	Abbe'schem Beleucht.-Apparat	Zettnow'sches Filter oder Kupferoxyd-Ammoniak-Lösung	500-2000	1/4-2 Sek.

Bei Aufnahmen derjenigen Diatomeen, welche wie Amphipleura pellucida zu ihrer Auflösung die Benutzung einer nur kleinen Randzone des Objektivs benöthigen, wird die Belichtungszeit um das Drei- bis Fünffache verlängert.

Bei dem Abmessen der Belichtungszeit verlasse man sich nicht auf allgemeine Schätzungen, die meist zu groben Irrthümern führen, sondern halte sich streng an die Uhr, wo es sich um Sekunden handelt, an den Sekundenzeiger. In Ermangelung eines solchen lässt sich die Zeitdauer einer Sekunde durch die Schwingung eines 1 m langen Pendels angeben.

---

3. Die Entwicklung.

Nach Beendung der Exposition bringt man die Kassette mit der Platte in die Dunkelkammer zurück um sie zu entwickeln, d. h. das bisher latente Bild hervorzurufen. Manche ziehen es vor, sich nicht selbst die Finger nass zu machen, sondern nach der Aufnahme alles Weitere dem Fachphotographen zu überlassen. Dies Verfahren ist in der Mikrophotographie durchaus zu verwerfen; hier kommt es darauf an, sofort festzustellen, ob das Bild gelungen ist, oder ob sich Fehler irgendwelcher Art einschlichen, um in letzterem Falle die Aufnahme sogleich zu wiederholen. Man könnte einwenden: Der Fachphotograph ist weit eher im Stande, durch alle Künste der Entwicklung ein gutes Bild herauszubringen, als der Freund der Photographie, welcher vielleicht die gelungenste Anfnahme durch unzweckmässige Behandlung verdirbt. Darauf erwidern wir: Wer nicht im Stande ist, eine Platte nach allen Regeln der Kunst zu entwickeln, möge seine Hände von der Mikrophotographie so lange fortlassen, bis er sich die nöthige Fertigkeit im Hervorrufen angeeignet hat. Heut zu Tage findet man überall Gelegenheit, unter Aufsicht von Fachmännern das Entwickeln zu erlernen.

Das zum Hervorrufen nothwendigste Erfordernis, die Dunkelkammer, lässt sich in jedem Haushalt ohne besondere Schwierigkeiten herrichten. Der kleinste Raum genügt; in Ermangelung eines solchen verdunkelt man das Arbeitszimmer durch einen grossen, fest am Fenster anliegenden Vorhang, welcher aus einer zwei- bis dreifachen

Lage von dichtem, schwarzem Baumwollenstoff hergestellt ist. Bei der Verdunklung des Raumes ist sehr sorgfältig zu verfahren. Man mache unter allen Umständen die Probe, ob das Auge, nachdem es sich an die Finsternis gewöhnt hat, an irgend einer Stelle geringen Lichtschimmer wahrnimmt. Peinlichste Sorgfalt in diesem Punkte erspart viel Zeit, Geld und Aerger.

Die besonders bei Fachphotographen übliche Methode, das nothwendige rothe Licht durch rothe Verglasung eines kleinen Fensters, oder Ueberziehen desselben mit rothem, besonders präparirtem Stoff herzustellen, empfiehlt sich weniger, als die Verwendung einer rothen Laterne. Die Gefahr, wirksames Licht in die Dunkelkammer zu bekommen, ist bei Tageslicht grösser, als bei Benutzung der Lampe. Das zur Verglasung verwendete rothe Rubinglas lässt nicht selten eine bedeutende Menge chemisch wirksamer Strahlen hindurchtreten; die zum Ersatz des Glases empfohlenen rothen Zeugstoffe und Gelatineblätter pflegen, so lange sie neu sind, ihren Zweck gut zu erfüllen; anders jedoch, wenn die Sonne sie ausbleichte und von dem Fenster abspritzende Tropfen wiederholte Durchnässung herbeiführten. Auch bei der Auswahl der rothen Cylinder muss man vorsichtig zu Werke gehen; man kann sie vor ihrer endgiltigen Benutzung dadurch erproben, dass man eine unbelichtete Trockenplatte 2 Minuten lang 50 cm von der brennenden Lampe entfernt frei stehen lässt; bleibt dann die Platte nach dem Einlegen in ein Entwicklungsbad völlig schleierfrei, so ist jede Gefahr ausgeschlossen, dass bei den späteren Arbeiten durch das Lampenlicht irgendwelcher Schaden angerichtet wird.

Man empfahl auch Ersetzung des rothen Glases durch ein gelbbraunes oder durch Verbindung verschiedener Gläser, welche ein nicht wirksames, weisses Licht geben. Ueber den Werth oder Unwerth dieser Dinge entscheidet nur der soeben angedeutete Versuch.

Bei nöthiger Vorsicht in der Auswahl der rothen Cylinder ist der von vielen Seiten empfohlene peinlichste Schutz der nicht entwickelten Erythrosinplatte vor irgendwelchem Licht überflüssig. Die Empfindlichkeit dieser Platten für gelbe Strahlen ist zwar eine hohe, für rothe dagegen so gut wie Null. Es heisst daher nur, die Arbeit erschweren, will man die Platte im Entwicklungsbade Anfangs völlig verdeckt halten. Das Erscheinen des Bildes in der ersten und zweiten Minute ist für die Beurtheilung der Exposition am meisten charakteristisch. Wer ganz sicher gehen will, mag einen Pappdeckel gegen den rothen Cylinder lehnen, welcher die direkten Strahlen abhält.

Das Vorhandensein von Wasserleitung und Ausguss in der Dunkel-

kammer ist zwar angenehm, aber keineswegs unbedingt erforderlich; zwei grosse Eimer mit Wasser genügen zur Spülung nach dem Hervorrufen und Fixiren. Zwei Schalen, die eine zur Entwicklung, die andere zur Aufnahme des unterschwefligsauren Natrons vervollständigen die Einrichtung. Muss die Bildschicht wegen zu grosser Hitze alaunirt werden, so kommt eine dritte Schale hinzu. Wegen ihrer grossen Haltbarkeit verwendet man am Besten Schalen aus emaillirtem Eisenblech.

Zum Hervorrufen des latenten Bildes giebt es verschiedene Entwicklungsflüssigkeiten, von denen jede einzelne in den Händen eines geschickten Photographen Gutes leistet. Früher erfreute sich, in Deutschland wenigstens, der Eisenoxalatentwickler allgemeinster Verbreitung; derselbe wurde dann zum Theil durch den Pyrogallus-Soda-Entwickler abgelöst. Eine Zeit lang empfahl man Hydrochinon als das Neuste und Beste; neu war hieran allerdings nur der billige Preis, denn die hervorrufenden Eigenschaften des früher sehr theuren Hydrochinons sind seit vielen Jahren bekannt. In neuster Zeit wird Eikonogen als das alleinige Heil der Trockenplatten angepriesen; in Folge geschickt in's Werk gesetzter Reklame hat dieser Stoff sich auch ein weites Feld erobert. Wegen seiner geringen Haltbarkeit empfiehlt er sich wenig für den Mikrophotographen, welcher nicht, wie der Fachphotograph, seine Chemikalien schnell aufbraucht, sondern dieselben mitunter lange Zeit aufbewahren muss. Am Hydrochinon ist die grosse Abhängigkeit von der Temperatur der Dunkelkammer zu tadeln. Sinkt dieselbe unter eine gewisse Grenze, so hört die Entwicklung fast ganz auf.

Es ist eine Eigenthümlichkeit aller neu auftauchenden Entwickler, dass dieselben (wenigstens in den Anpreisungen der Fabrikanten) im Stande sind, alle Fehler der Belichtung, Ueberexposition und Unterexposition, vermöge der ihnen inne wohnenden Kraft auszugleichen. Das wäre für den Mikrophotographen natürlich eine prächtige Sache. Leider merkt der unbefangene Beobachter von diesen Vorzügen nichts.

Wir geben im Folgenden nur das Recept des Pyrogallus-Soda-Entwicklers[1], mit dem wir ausschliesslich arbeiten, weil derselbe bei richtiger Behandlung glasklare Negative und ungemein kräftige Bilder liefert. Wer die Ueberzeugung hat, mit einem anderen Hervorrufer Besseres zu leisten, möge sich nicht irre machen lassen und bei seinen Vorschriften verbleiben.

---

[1]) Die nothwendigen Chemikalien sind aus jeder Handlung photographischer Bedarfsmittel zu beziehen.

Lösung I.

Pyrogallussäure, doppelt sublim., rein weiss .	7 g
Schwefligsaures Natron, chem. rein, cryst. . .	50 „
Destillirtes Wasser	250 „

Lösung II.

Kohlensaures Natron (Soda), chem. rein, cryst.	50 g
Destillirtes Wasser	500 „

Beide Lösungen halten sich längere Zeit. I ist in blauer Flasche aufzubewahren und vor Licht zu schützen; sobald diese Lösung braun geworden, muss sie verworfen werden. Man bewahrt dieselbe am Besten vor dem Verderben, wenn die Flasche möglichst bis oben gefüllt bleibt. Um dies zu erreichen, schüttet man nach Entnahme von Flüssigkeit eine entsprechende Menge sorgfältig gereinigter, kleiner Kieselsteine in die Flasche.

Zum Entwickeln nimmt man zu gleichen Theilen gewöhnliches Wasser, Lösung I und Lösung II. Für eine Platte 9 × 12 oder 10 × 13 cm genügen je 10 cbcm, sodass die ganze Mischung also 30 cbcm beträgt. Ist man im Unklaren darüber, ob die Belichtungszeit richtig gewählt war, so empfiehlt es sich, mit einer geringeren Menge der Lösung II anzufangen, und erst später den Rest derselben nachzugeben. War nämlich zu lange exponirt, so würde bei der vollen Soda-Portion das Bild alsbald unter einem Schleier verloren gehen, während bei dem soeben angedeuteten Verfahren der weniger kräftige Entwickler auch das überexponirte Bild rettet.

Das Verfahren beim Hervorrufen stellt sich also folgendermassen: Der Photograph füllt in ein gut gereinigtes Mensurirglas 10 cbcm Wasser (bei grösseren Plattenformaten entsprechend mehr), 10 cbcm der Lösung I und 5 cbcm der Lösung II. Bei allen ferneren Operationen darf bis nach dem Einlegen in das Fixirbad nur chemisch unwirksames Licht in der Dunkelkammer vorhanden sein. Nun nimmt er die belichtete Platte aus der Kassette, legt dieselbe schnell in die Entwicklungsschale und giesst den gemischten Entwickler in letztere. Hierbei ist besonders darauf zu achten, dass sich die Flüssigkeit sofort gleichmässig über die ganze Platte vertheilt, weil sonst diejenigen Theile des Negativs weniger kräftig bleiben, auf welche der Entwickler später einzuwirken begann. Während der Hervorrufung ist die Schale ununterbrochen zu bewegen, damit die Flüssigkeit über die Platte hin- und herfliesst. Hierbei lässt es sich schwer vermeiden, dass einige Tropfen über den Rand der Schale verschüttet werden und die Finger

beschmutzen. Wir stellen deshalb die Entwicklungsschale stets in eine zweite, grössere Schale; dann bleiben die Hände rein.

Bei richtig gewählter Expositionszeit beginnt das Bild nach 20 bis 30 Sekunden sichtbar zu werden. Man zögere dann nicht lange, den Rest der Sodalösung hinzusetzen. Zu diesem Behufe füllt man die in unserem Beispiel 5 cbcm betragende Flüssigkeitsmenge in das Mensurirglas und schüttet darauf in letzteres den ganzen Entwickler zurück, um alsbald die Platte von Neuem damit zu übergiessen. Giebt man die fehlende Sodalösung direkt in die Entwicklungsschale hinein, so besteht die Gefahr, dass vor stattgefundener inniger Vermischung einige Theile der Bildschicht stärker angegriffen werden, als andere.

Bei unausgesetztem Bewegen der Schale kräftigt sich das Bild schnell. Schwer zu beantworten ist die Frage, wann man die Entwicklung abbrechen soll. In diesem Punkte lernt man nur durch grosse Uebung das Richtige treffen.

Manche wollen so lange entwickeln, bis das Bild in der Durchsicht die genügende Kraft hat. Das ist leichter gesagt als gethan; denn sobald die Einzelheiten des Bildes, wie so häufig in der Mikrophotographie, sehr feine sind, erkennt das Auge bei dem matten Scheine der rothen Laterne in der Durchsicht schon bald nach dem ersten Erscheinen des Bildes nichts mehr. Andere meinen, man müsse so lange entwickeln, bis das Bild anfängt, auf der Rückseite der Platte sichtbar zu werden. Auch dies Zeichen ist durchaus trügerisch, weil die Art der Platten hierbei eine grosse Rolle spielt. Bei dünn gegossenen Platten erscheint das Bild lange vor der fertigen Entwicklung auf der Rückseite, während man bei dick gegossenen diesen Augenblick kaum abwarten darf. Auch die Beschaffenheit des Bildes in der Aufsicht bietet keine zuverlässigen Anhaltspunkte.

Haupterfordernis für gute Entwicklung ist daher genaue Kenntnis seiner Platten. Der Mikrophotograph kann keinen gröberen Fehler begehen, als auf irgendeine Empfehlung hin mit der Plattensorte wechseln. Man arbeite sich auf bestimmte Platten gut ein und wird dann immer zu befriedigenden Resultaten gelangen, mögen die Platten aus der oder jener Fabrik hervorgegangen sein.

Ein zwei- bis dreimaliges Herausnehmen der Platte aus der Schale und kurzes Betrachten in der Durchsicht und auf der Rückseite bleibt unvermeidlich. Damit hierbei die Finger nicht verunreinigt werden, hebe man das Negativ mit einem spitzen Gegenstand, z. B. mit dem Federmesser, auf.

Hatte die Platte zu wenig Licht erhalten, so fängt das Bild erst

nach längerer Zeit, etwa nach 2 bis 3 Minuten, an, langsam zu erscheinen. War die Unterexposition nicht allzu bedeutend, so kann man durch reichliches Hinzufüllen von Sodalösung, bis zum Doppelten der bei richtiger Exposition nöthigen Menge, das Negativ retten. Freilich wird das Bild dann immer etwas hart, doch ist dies bei vielen mikrophotographischen Aufnahmen kein Schaden.

War die Belichtung eine zu lange, so bleibt man bei der ursprünglich zum Entwickler hinzugesetzten halben Soda-Portion stehen und verdünnt wo möglich durch Zusatz von Wasser. Ueberexposition macht sich kenntlich durch zu schnelles Erscheinen des Bildes: Im Anfang der Entwicklung treten nicht zuerst diejenigen Theile hervor, welche im Präparate die hellsten sind, sondern alle Abschnitte der Platte, welche überhaupt vom Lichte getroffen wurden, belegen sich gleichmässig mit einem grauen Schleier. War die Ueberexposition eine starke, so muss die Entwicklung frühzeitig unterbrochen werden, weil sonst alle Einzelheiten unter dickem Schleier verschwinden. Ein solches Negativ hat niemals Kraft und liefert die allen Anfängern genügsam bekannten grau in grau gehaltenen Abzüge.

Bei wesentlichen Abweichungen von der richtigen Belichtung wiederhole man die Aufnahme unter allen Umständen so oft, bis die richtige Expositionszeit getroffen ist. In diesem Punkte offenbart sich die wahre Grösse des Mikrophotographen. Wer mit unrichtig belichteten Platten sich begnügt, möge etwas Anderes thun, als Mikrophotographie betreiben.

Bei vermutheter Ueberexposition kann man ausser durch Verminderung der Sodalösung auch durch Zusatz von 1 bis 3 Tropfen einer 10 % Bromkalilösung zum Entwickler die Resultate verbessern. Bromkali übt einen stark verzögernden Einfluss aus und verhindert in den meisten Fällen Schleierbildung. Doch werden hierdurch bei richtiger, oder gar zu kurzer Belichtung die Platten zu hart. Endlich bleibt zu berücksichtigen, dass warme Entwickler kräftiger, kalte schwächer hervorrufen. Natürlich darf die Erwärmung niemals so weit getrieben werden, dass die Gelatine schmilzt.

Nach beendeter Entwicklung nimmt man die Platte aus der Schale und spült sie unter dem Hahn oder im Eimer gut ab. Man kann hierbei mit 2 Fingern der einen Hand vorsichtig über die Bildschicht hin- und herfahren, um kleine Partikelchen, die sich an der Oberfläche festsetzten, zu entfernen. Ist die zur Herstellung der Platten verwendete Gelatine eine sehr weiche oder die Temperatur eine hohe, so bringt man das Negativ nunmehr für wenige Minuten in eine mit 10 % wässe-

riger Alaunlösung gefüllte Schale. Nach abermaligem Abspülen wird die Platte in das Fixirbad, eine 12 % wässerige Lösung von unterschwefligsaurem Natron, gelegt, in welchem das nicht belichtete Bromsilber gelöst und die Silberschicht dadurch vor weiterer Veränderung durch das Licht geschützt wird. Jetzt erst darf anderes, als chemisch unwirksames Licht in die Dunkelkammer gelangen.

Im Fixirbade verbleibt die Platte, bis alles weiss erscheinende Bromsilber geschwunden ist. Weder auf der Bildseite, noch auf der Rückseite soll irgendwelche weisse Stelle sichtbar bleiben. Mangelhaftes Ausfixiren rächt sich bitter bei nachfolgender Verstärkung oder Abschwächung. Man thut gut, die Platte nach Verschwinden des weissen Bromsilbers noch wenigstens 5 Minuten im Fixirbade zu belassen, da dem Auge unsichtbare Reste ein Verderben des Negativs herbeiführen können.

Nunmehr ist die Platte gründlich auszuwaschen, um das Fixirnatron aus der Bildschicht zu entfernen. Am Besten geschieht dies 5 bis 10 Minuten unter dem Hahn und dann 6 bis 8 Stunden hindurch in Eimern, deren Wasser 4 bis 5 Mal erneuert wird. Zurückbleibende Reste von Fixirnatron führen mit der Zeit unfehlbares Verderben der Platte herbei. Man konstruirte zweckmässige Wässerungskästen, in denen in bestimmten Zwischenräumen selbstthätig eine Erneuerung des Wassers vor sich geht.

Wir bemerkten bereits (S. 179), dass die vom Erythrosin herrührende rosarothe Färbung während des Auswässerns bei Badeplatten nach kurzer Zeit, bei den in der Emulsion gefärbten dagegen meist erst nach 24 Stunden schwindet.

Das ausgewaschene Negativ stellt man an einem staubfreien Orte auf. Das Trocknen nimmt im Sommer wenige Stunden, im Winter mitunter einen ganzen Tag in Anspruch.

Um die zarte Bildschicht vor Beschädigung zu schützen, wird das getrocknete Negativ lackirt: Man erwärmt die abgestäubte Platte mässig über einer brennenden Lampe, hält dieselbe horizontal und giesst so viel Negativlack auf die Bildschicht, dass sich derselbe bei leichten Neigungen gleichmässig über die ganze Fläche vertheilt. Den überschüssigen Lack lässt man in die Flasche zurücklaufen.

Bei allen soeben beschriebenen Arbeiten ist peinlichste Sauberkeit dringend anzurathen. Das Messglas und die Entwicklungsschale reinige man sorgfältig nach jeder Hervorrufung. Die Entwicklungsflüssigkeit muss für jede neue Platte frisch angesetzt werden; dagegen bleibt das Alaun- und Fixirbad für einige Dutzend Platten brauchbar. Wegen

der trotz aller Sorgfalt schwer zu vermeidenden Benetzung der Finger wasche man sich nach jeder Entwicklung die Hände mit Seife und lauwarmem Wasser. Hierdurch wird einerseits das lästige Braunwerden der Finger verhindert, andererseits anhaftendes Fixirnatron mit Sicherheit entfernt. Für die nicht entwickelte Platte giebt es kaum etwas Verderblicheres, als Berühren derselben mit Natronfingern.

Ist das Negativ schleierfrei, jedoch ohne die nöthige Kraft, so empfiehlt es sich, eine Verstärkung vorzunehmen. Diese sowohl, wie die im Folgenden zu beschreibende Abschwächung muss natürlich vor dem Lackiren, kann jedoch beliebig lange nach der Entwicklung geschehen. Verschleierte Platten zu verstärken bringt keinen Vortheil, da hierdurch der Schleier dicker wird, ohne dass das Bild wesentlich an Kraft gewinnt.

Zum Verstärken hat man zwei Vorrathslösungen nöthig:

Lösung I.

Sublimat	4 g
Bromkali	4 „
Destillirtes Wasser . . .	200 „

Lösung II.

Schwefligsaures Natron .	20,0 g
Destillirter Wasser . . .	200,0 „

Man legt die zu verstärkende, gut ausgewaschene Platte in Lösung I, wo sie so lange verbleibt, bis sie auf der Vorder- und Rückseite vollständig weiss geworden ist. Nach Abspülen unter dem Hahn kommt sie in Lösung II, wo sie sich wiederum schwärzt. Hierauf ist einige Stunden in mehrmals gewechseltem Wasser auszuwaschen.

Wurde das Negativ durch die Verstärkung zu dick, so kann man durch Einlegen in eine 1 % Fixirnatron-Lösung nach Belieben wieder abschwächen.

Die Verstärkung ist ein dem Anfänger sehr willkommener, für den Geübten überflüssiger Nothbehelf. Man kann aus der Zahl der Platten, welche verstärkt werden müssen, ohne Weiteres einen Schluss auf die Uebung des angehenden Photographen ziehen. Werth besitzt die Verstärkung nur in den Fällen, wo es sich um Aufnahme ungefärbter, wenig kontrastreicher Objekte, z. B. lebender, in Wasser eingebetteter Bakterien, handelt. Belichtet man bei derartigen Präparaten, welche dem Auge kaum erkennbare Einzelheiten aufweisen, etwas zu kurze Zeit, entwickelt dann langsam unter Zusatz mehrer Tropfen Bromkalilösung und verstärkt das Negativ, so lassen sich Einzelheiten sichtbar

machen, welche bei der Okularbeobachtung nur mit äusserster Mühe wahrnehmbar sind.

Bei der Abschwächung nicht verstärkter Negative verfährt man folgendermassen: Als Vorrathslösung ist herzustellen eine Mischung von 5 g Kupfervitriol, 15 g Kochsalz und 50 g destillirtem Wasser. Zum Gebrauch verdünne man diese Lösung mit 8 bis 10 Theilen destillirten Wassers und übergiesse damit die in einer Schale liegende, abzuschwächende Platte. Letztere verändert sich hierbei in der Durchsicht und in der Aufsicht kaum merklich; erst wenn man sie nach Abspülen unter dem Hahn in das Fixirbad einlegt, tritt die Wirkung der Abschwächung zu Tage. Um daher nicht zu stark abzuschwächen, belasse man das Negativ nur kurze Zeit in der Kupfervitriol-Kochsalz-Lösung und wiederhole den Vorgang mehrmals, bis ein hinreichender Grad der Durchsichtigkeit erreicht ist. Man kann nach kurzem Abspülen unter dem Hahn, ohne längeres Auswässern, das Negativ beliebig oft von der einen in die andere Schale bringen. Nach Beendigung der Abschwächung ist gründlich zu waschen.

Die Abschwächung erweist sich in geschickten Händen als ein werthvolles Hilfsmittel zur Herstellung gut kopirender, glasklarer Negative. Abgesehen davon, dass es hierdurch gelingt, einen leichten Schleier zu entfernen, kann man auf diesem Wege unvermeidliche Härten mildern. Der Abschwächer nimmt an den Stellen des Bildes am Meisten fort, wo dasselbe am undurchsichtigsten ist. Bei Aufnahme ungewöhnlich dicker, intensiv gefärbter Präparate ist es häufig nicht möglich, allein durch die Entwicklung kopirfähige Negative zu fertigen: Die den helleren Stellen des Objekts entsprechenden Abschnitte der Platte sind schon völlig verbrannt, während die dunklen Einzelheiten erst anfangen sichtbar zu werden. Wir verfahren in diesem Falle folgendermassen: Man exponirt so lange, bis man vermuthen darf, dass auch die dunkelsten Theile des Objekts einen Eindruck auf die lichtempfindliche Platte ausgeübt haben. Dazu ist mitunter eine 20 bis 30 Mal längere Belichtung erforderlich, als bei normalen Präparaten. Nunmehr wird kräftig so lange entwickelt, bis auch diejenigen Abschnitte, welche am wenigsten Licht empfingen, sich schwärzen. Nach beendetem Fixiren und kurzem Abspülen unter dem Hahn wird dann sogleich die Abschwächung vorgenommen. Auf diesem Wege gelang die Herstellung brauchbarer Negative von Objekten, deren Aufnahme anfänglich unmöglich erschien.

Wie für die Hervorrufung, so giebt es auch für die Verstärkung und Abschwächung eine Unzahl von Recepten, mit denen Geübte Gutes

leisten können. Da es unser Grundsatz ist, in den das negative und positive Bild behandelnden Abschnitten nur das unbedingt Nothwendige zu geben, so begnügen wir uns mit den im Obigen angeführten Vorschriften. Wer glaubt, mit denselben nicht auszukommen — Verfasser kam in allen Fällen damit aus — möge aus irgend einem Lehrbuche der Photographie weitere Recepte entnehmen.

Manche lieben es, alle zum Entwickeln, Verstärken und Abschwächen nöthigen Lösungen fertig gemischt aus photographischen Handlungen zu beziehen. Davor ist dringend zu warnen, denn nicht selten werden minderwerthige Chemikalien, welche der Fachphotograph nicht abnimmt, zum Ansetzen dieser Lösungen verwendet; der Händler denkt, für den Freund der Photographie sind dieselben gut genug.

Es erübrigt, einige Worte über die Behandluug der zum Ersatz der Glasplatten verwendeten Gelatine-Häutchen und Negativ-Papiere zu sagen. In den meisten Fällen geben die Fabrikanten ihren Abnehmern specielle, gedruckte Anweisungen über Entwicklung, Verstärkung u. s. w. ihrer Fabrikate. Man thut gut, sich hiernach zu richten, schon um beim Misslingen der Arbeiten den Einwurf unmöglich zu machen, dass unzweckmässige Behandlung an dem Fehlschlagen der Versuche Schuld sei.

Im Folgenden erwähnen wir kurz die Entwicklung von Eastman's Bromsilber-Papier, welches bei ganz schwachen Objektiven, wo es sich um ein ungewöhnlich grosses Gesichtsfeld handelt, z. B. bei Aufnahmen von embryonalen Schnittreihen nach Prof. His (S. 144), Verwendung findet. Da bei der Entwicklung mit Pyrogallus-Soda die Weissen des Papiers leiden, so nimmt man den auch für Platten brauchbaren Eisenoxalatentwickler. Man legt das Papier nach der Belichtung in Wasser und darauf in folgende, frisch angesetzte Mischung:

10 Tropfen Bromkalilösung . .	(1 : 10)
15 g Eisenvitriollösung	(1 : 3)
85 g oxalsaure Kalilösung . . .	(1 : 3)

Hierin wird so lange entwickelt, bis alle Einzelheiten erschienen sind. Darauf Abspülen in Wasser und Einlegen in ein nach je einer Minute 3 Mal zu erneuerndes Reinigungsbad von stark verdünnter Essigsäure (4 : 1000). Nach Abspülen in reinem Wasser wird im Fixirbade ausfixirt und dann gründlich gewaschen.

4. Die Beurtheilung des Negativs.

Das fertige Negativ unterwerfe man strengster Kritik. Wer hierbei gewissenhaft zu Werke geht, wird in der Folgezeit um so seltener Fehlgriffe thun.

Häufig zeigen sich auf der Platte bei der Durchsicht kleine helle Pünktchen und Strichelchen, von denen letztere bei Bakterienaufnahmen leicht Geisseln vortäuschen können. Sie sind verursacht durch Staubpartikelchen, welche auf der Gelatine haftend die unter ihnen gelegene Schicht vor dem Lichte schützten. Zumeist gelangen sie mit der nicht oder mangelhaft filtrirten Erythrosinlösung, oder beim Trocknen der Badeplatten im stauberfüllten Raum auf die Platte. Abhilfe ergiebt sich hieraus von selbst.

Weniger den Werth als die Schönheit der Bilder beeinträchtigt ein ungewöhnlich grobes Korn der Bildschicht, wie es sich zuweilen bei hochempfindlichen Platten findet. Wird ein solches Negativ vergrössert, so macht sich dieser Uebelstand um so mehr bemerkbar; die Abzüge gewinnen ein unschönes, sandiges Aussehen. Der Mikrophotograph wählt daher Plattensorten mit möglichst feinem Korn.

Schon früher wurde darauf hingewiesen, dass man allzu breite, unscharfe Randzonen, welche besonders bei Aufnahmen mit starken Objektiven auftreten, zu vermeiden sucht. Auch wurde angegeben, wie man durch Blenden im Projektions-Okular oder unmittelbar vor der Platte das Gesichtsfeld einengt. Verfasser zieht es vor, Blenden nicht in Anwendung zu bringen, sondern im fertigen Negativ die Bildschicht so abzurunden, dass um die scharfe Mitte nur eine schmale, unscharfe Zone übrig bleibt. Wie dies auszuführen ist, wurde auf Seite 73 auseinandergesetzt. Man hat bei diesem Verfahren den Vortheil, die beste und wichtigste Stelle des Bildes mit Leichtigkeit in die Mitte des Bildkreises bringen zu können.

Die gewöhnlichsten Fehler aller Negative, besonders der von Anfängern gefertigten, sind unscharfe Umrisse, welche verschiedenen Ursachen ihre Entstehung verdanken. In erster Linie kommt hierbei die Fokusdifferenz in Frage, welche früher alle mikrophotographischen Arbeiten derart beeinträchtigte, dass Manche die Erzeugung scharfer Bilder überhaupt für unmöglich hielten.

Wer sich genau an die im Obigen gegebenen Vorschriften hält, gelbempfindliche Platten und ein Filter verwendet, welches nur Licht von engbegrenzter Wellenlänge hindurchlässt, kann die Fokusdifferenz

seiner Objektive vernachlässigen. Man hat also nach anderen Gründen zu forschen. In weitaus der Mehrzahl aller Fälle wird Unschärfe des Negativs durch unscharfes Einstellen auf der Visirscheibe erzeugt. Wer Gelegenheit hatte, Anfängern Unterricht in der Mikrophotographie zu ertheilen, weiss, wie schwer es Vielen fällt, bestmögliche Einstellung zu Wege zu bringen. Wir reden nicht von den zahlreichen mikrophotographischen Apparaten, welche wegen mangelhaft konstruirter Verlängerung der Mikrometerschraube scharfes Einstellen überhaupt zur Unmöglichkeit machen. Selbst bei der eine grosse Feinheit im Einstellen gestattenden Verlängerung durch Schnurlauf und dem sauber gearbeiteten, sicher funktionirenden Hooke'schen Schlüssel fällt es nicht Wenigen unglaublich schwer, die unbedingt nothwendige Schärfe auf der Visirscheibe hervorzubringen. In früheren Kapiteln wurde wiederholt darauf hingewiesen, dass die beste Einstellung beim Einsetzen der Kassette in den Apparat verloren geht, wenn Kamera und Mikroskop auf demselben Laufbrett befestigt sind. Hier schafft nur eine Säge Abhilfe.

Ferner hat man daran zu denken, dass Erschütterungen des Apparats während der Belichtung und spontane Veränderung der Einstellung bei langer Exposition die Unschärfe herbeigeführt haben könnten.

Zuweilen zeigt es sich, dass in unbeabsichtigter Weise die Mitte unscharf ist, und daher gerade die Haupttheile des Bildes verschwommen erscheinen. Dass man unter Umständen diesen Fall absichtlich herbeiführt, wurde auf Seite 181 erwähnt. Unschärfe der Mitte kann verursacht sein durch Fokusdifferenz oder durch scharfe Einstellung eines peripher gelegenen Punkts im Gesichtsfeld.

In nicht ganz seltenen Fällen ist bei allen mit demselben Mikroskop gefertigten Aufnahmen eine Seite des Negativs wesentlich unschärfer als die andere, auch wohl ein mehr oder minder breiter, mitten durch das Gesichtsfeld verlaufender Streifen scharf, während beide Seiten unscharf sind. Das hat seinen Grund in mangelhafter Richtung des Objekttisches; die Tubusachse steht nicht genau senkrecht auf demselben. Hier hilft nur Zurücksenden des Mikroskops an den Verfertiger.

Ein gewöhnlicher Fehler nicht nur von Anfängern gefertigter Negative ist ungleiche Helligkeit des Gesichtsfelds. Auf der Visirscheibe erschien die Helligkeit als eine völlig gleichmässige, in dem entwickelten Negativ sind einzelne Abschnitte, meist eine ganze Hälfte, wesentlich undurchsichtiger als das Uebrige. Die lichtempfindliche Platte nimmt es mit geringen Helligkeits-Unterschieden, welche nur

das geübteste Auge erkennt, überraschend genau. Abhilfe schafft Regulirung der Beleuchtung nach den in Abschnitt IV dargelegten Grundsätzen. Hauptsache bleibt dabei immer, dass derjenige Theil der Lichtquelle, welcher durch den Beleuchtungsapparat in die Objektebene projicirt wird, gleichmässig hell ist. Man darf beispielsweise niemals die Randzone und einen Theil der Mitte einer Petroleumflamme zur Beleuchtung verwenden, da diese Abschnitte verschieden hell sind. Ungleiche Dichtigkeit der Negative wird vermieden, wenn das durch den Kondensor entworfene Flammenbildchen solche Ausdehnung hat, dass ein sehr kleiner Theil desselben das Gesichtsfeld voll ausfüllt, und wenn der Beleuchtungsapparat — wie der achromatische Kondensor von Zeiss — so genau korrigirt ist, dass er auch bei voller Oeffnung ein scharfes Bild einer gleichmässig hellen kleinen Lichtquelle, z. B. der Sonne, zeichnet.

Nicht zu verwechseln mit dem soeben gerügten Fehler ist diejenige ungleiche Dichtigkeit der Negative, welche hervorgebracht wird durch ungleichmässiges Ueberfliessen des Entwicklers über die in der Schale liegende Platte. Werden einzelne Abschnitte der Platte von dem Hervorrufer später benetzt als andere, so bleiben dieselben um so heller, je schneller und kräftiger der Entwickler wirkt. Diese Art der ungleichen Dichtigkeit unterscheidet sich von der auf ungleiche Erhellung des Gesichtsfelds zurückzuführenden dadurch, dass bei letzterer die Uebergänge sanfte sind, während im anderen Falle die hellen Zonen gegen die dunklen sich scharf abgrenzen. Starkes Bewegen der Schale, sobald der Entwickler hineingegeben ist, und nicht zu grosse Sparsamkeit bei Abmessung der Flüssigkeitsmengen ersparen in diesem Punkte dem Mikrophotographen viel Arbeit und Aerger.

Der unliebsamste und häufigste Gast aller Negative ist der Schleier. Anfänger sind schnell bereit, für jeden Schleier den Plattenfabrikanten verantwortlich zu machen. Da gegenwärtig in Folge grosser Konkurrenz höchst selten schlecht bereitete, auch bei richtiger Behandlung schleiernde Platten in den Handel kommen, so denke man bei eintretender Verschleierung zuerst an sich selbst und in zweiter Linie an die Plattenfabrik. Es giebt ein vortreffliches Mittel, mit Sicherheit zu entscheiden, ob den Lieferanten ein Vorwurf trifft, oder nicht: Man entnehme bei völliger Dunkelheit dem bisher verschlossenen Packet eine Platte und lege sie in einen frisch gemischten, kräftigen Entwickler. Durch Betasten mit dem angefeuchteten Finger kann man leicht entscheiden, welches die präparirte Seite ist. Bleibt die Platte nach mindestens 5 Minuten langem Verweilen in dem Hervorrufer und

nach völligem Ausfixiren glasklar, so kann ein bei späteren Arbeiten eintretender Schleier niemals der Fabrik zur Last gelegt werden.

Um die Ursachen der Verschleierung zu ermitteln, richte man sein Augenmerk vor Allem auf die Ausdehnung des Schleiers. Erstreckt sich derselbe über die ganze Platte, ohne irgendwelche, auch noch so schmale Randstreifen frei zu lassen, so deutet dies auf Einwirkung von Licht bevor die Platte in die Kassette eingelegt oder nachdem sie aus dieser herausgenommen wurde. Hier kommt es also darauf an, die Dunkelkammer auf ihre völlige Dunkelheit und den Cylinder der rothen Laterne auf seine Undurchlässigkeit von chemisch wirksamen Strahlen zu prüfen. Wie leicht erklärlich werden Spuren von wirksamem Licht besonders während des Trocknens der Badeplatten verderblich. Auch ein unreiner oder verdorbener Entwickler kann Verschleierung der ganzen Platte herbeiführen.

Ist die ganze Platte verschleiert mit Ausnahme der schmalen Ränder, mit denen dieselbe in der Kassette aufliegt, so deutet dies auf Nebenlicht innerhalb der Kamera. Man blicke also bei möglichst hell erleuchteter Umgebung der Kamera in dieselbe und forsche, ob ausser durch den Tubus an irgend einer Stelle Strahlen in das Innere gelangen. Da auch der Rahmen, welcher die Kassette aufnimmt, undicht gearbeitet sein kann, so verabsäume man nicht, Kamera und Kassette mit schwarzem Tuch zu überdecken.

Ist nur der Bildkreis verschleiert, die Umgebung desselben jedoch glasklar, so hat man zunächst an Ueberexposition zu denken. Jedoch auch ohne eine solche, selbst bei erheblicher Unterexposition, tritt Verschleierung ein, wenn erstens neben durchfallendem Licht wesentliche Mengen von Oberlicht das Präparat treffen, zweitens die Oeffnung des beleuchteten Lichtkegels für das jeweilig benutzte Objektiv zu gross ist und drittens vom Präparat erheblich mehr erhellt ist, als das aufzunehmende Gesichtsfeld.

Randschleier, welche in besonders ausgesprochenen Fällen sich über die ganze Platte ausdehnen, rühren von Zersetzung der lichtempfindlichen Schicht her und stellen sich vorwiegend bei zu lange aufbewahrten Badeplatten oder in der Emulsion gefärbten Platten ein.

Wenn wir bisher von Schleiern sprachen, so bezog sich das ausschliesslich auf Grauschleier. Grün-, Gelb- und Rothschleier, welche ihren Ursprung unreinen und mangelhaft zusammengesetzten Entwicklern, Fixir-, Verstärkungs- und Abschwächungsbädern verdanken, erfordern zu ihrer Entfernung verschiedenartige Methoden, deren Erörterung uns zu weit führen würde. In nicht seltenen Fällen verlangsamen

diese Schleier das Kopiren, thun aber der Güte des Bildes keinen Abbruch.

Ausser mit Verschleierung hat der Anfänger mit Härte der Bilder zu kämpfen, welche Folge von zu kurzer Belichtung ist. Harte Negative zeigen zu starke Gegensätze: Unmittelbar neben pechschwarzen Stellen ist die Bildschicht glasblank und ohne jede Zeichnung. Hier hilft kein Verstärken, welches die Schwärzen nur noch schwärzer machen würde. Das einzige Heil liegt in längerer Belichtung.

Mitunter ist das Negativ zwar gut durchgezeichnet, das Ganze aber ist zu dick, sodass man nur beim Betrachten gegen helles Licht Einzelheiten wahrnimmt. Der Grund liegt in zu langer Entwicklung; eine vorsichtige Abschwächung kann die Aufnahme retten. Das Gegenstück hierzu bildet ein zu dünnes Negativ, dessen Entwicklung nach richtiger Belichtung zu früh unterbrochen wurde. Auch kann trotz richtiger Entwicklung zu hohe Empfindlichkeit der Platte Schuld sein. Nachträgliches Verstärken leistet hierbei gute Dienste.

Unter den vielen möglichen Fehlern der Negative, die einzeln aufzuzählen sich der Mühe kaum verlohnt, sei nur noch auf schwarze Säume aufmerksam gemacht, welche bisweilen alle Einzelheiten umgeben. Es sind Diffraktionssäume, welche herrühren von zu engem Beleuchtungskegel. Meist nimmt das Auge dieselben im Präparate kaum wahr, während die Bromsilberschicht, welche auch auf geringe Helligkeitsunterschiede lebhaft reagirt, sie als dicke Linien darstellt.

Dem Anfänger fällt es schwer zu beurtheilen, ob ein Negativ allen Anforderungen entspricht und kopirfähig ist, oder nicht. Er möge sich deshalb einige gute, von Geübten gefertigte Platten als Muster halten. Das spornt zum Vorwärtsstreben an, während man sich sonst mit Mittelware begnügt. Auch verabsäume man nicht, von allen leidlich gut gerathenen Negativen Probe-Abzüge zu machen oder machen zu lassen, um leichter zu erkennen, wo noch Verbesserung Noth thut. Wer ernstlich bestrebt ist, Gutes zu leisten, darf die Wiederholung einer Aufnahme niemals unbequem und langweilig finden.

---

5. Die Negativ-Retusche.

In der Porträt- und Landschaftsphotographie, besonders in ersterer, spielt die Retusche eine Hauptrolle. Es ist kaum zu viel gesagt, dass

die landesüblichen Porträts in demselben Masse Produkte der Zeichenkunst des Photographen, als der Einwirkung des Lichts auf das Bromsilber sind. Manche Porträt-Negative machen den Eindruck, als diene die Silberschicht nur als Unterlage für die Farbe des Retuscheurs. In der Mikrophotographie soll das anders sein. Kaum je wurden andere Meinungen geäussert, als dass hier jede Retusche fern zu bleiben hat; man wolle nicht sehen, wie der Photograph, sondern wie die Natur zeichnet. Dies ist leichter gesagt als gethan. Die Schwierigkeit liegt darin, dass sich nicht so ohne Weiteres entscheiden lässt, wo die erlaubten, irgendwelche Veränderung des Negativs herbeiführenden Manipulationen aufhören und wo das Unerlaubte anfängt. Wollte man ganz streng sein, so müsste jede Massnahme, welche das fertig entwickelte Negativ in irgend einer Weise verändert, untersagt werden. Wir wiesen bereits darauf hin, dass eine zweckmässige Abschwächung das Bild in nicht zu unterschätzendem Masse umzugestalten vermag. Man ist auf diese Weise im Stande, Dinge sichtbar zu machen, die ohne Abschwächung unsichtbar blieben — und umgekehrt. Noch mehr: Ist es nicht möglich, auf zwei völlig gleich belichteten Platten zwei durchaus ungleiche Bilder hervorzurufen? Das eine Mal giebt man von vorn herein den vollen Entwickler in die Schale, das andere Mal beginnt man unter Zusatz von Bromkali mit ganz wenig Soda, und kräftigt nach und nach: Hierbei können viele Einzelheiten verloren gehen, welche bei ersterer Entwicklungsmethode deutlich sichtbar bleiben. Das ist keine leere Phrase; ein Beispiel möge es erläutern: In manchen Präparaten vom Corti'schen Gehör-Organ sieht man in dem sogenannten Tunnel ein überaus zartes, quer gespanntes Fädchen, den Durchschnitt der Tunnel-Membran. Verfasser photographirte ein solches Präparat zwei Mal bei gleicher Belichtungszeit. Die Platten wurden in der oben angedeuteten Weise verschiedenartig entwickelt: In dem einen Negativ war das feine Fädchen prächtig sichtbar, in dem anderen hob es sich von der Umgebung nicht im Mindesten ab. War das Endresultat etwa ein anderes, als wenn wir bei dem zweiten Negativ das Fädchen fortretuschirt hätten?

Die erklärtesten Feinde der Retusche werden sich zu einem Zugeständnis herbeilassen müssen: Alle Massnahmen, welche in gleicher Weise auf die ganze Platte einwirken, sind unbedingt gestattet. Vielleicht muss man noch weiter gehen. Wir besitzen ein prächtiges Negativ, welches nach grossen Mühen gelang. Das Präparat war schnellem Verderben ausgesetzt; alle weiteren Versuche mit demselben sind daher ausgeschlossen. Leider hat dies Negativ den einzigen

Fehler, dass in Folge von ungleichmässiger Helligkeit des Gesichtsfelds die Dichtigkeit beider Hälften eine verschiedene ist. Jeder Fachmann weiss, wie leicht es hierbei geschieht, dass in der Kopie die eine Seite bereits völlig verbrannt ist, während die andere soeben erst anfängt zu kopiren. Was thun? Wir legen das Negativ in eine Schale und bespülen die dickere Hälfte vorsichtig, unter Zuhilfenahme eines Pinsels, mit einer abschwächenden Lösung. Es gehört viel Geschick dazu, das Negativ hierbei nicht zu verderben, aber der Geübte kommt vollkommen zum Ziele. Das Resultat ist ein vortrefflich kopirendes Negativ.

Anstatt die dicke Seite abzuschwächen, könnte man die dünne verstärken, oder letztere auf der Rückseite des Negativs mit einer so stark aufgetragenen Farbschicht bedecken, dass nunmehr beide Hälften völlig gleichmässig kopiren. Für letzteres Verfahren spricht der Umstand, dass man die Farbe jederzeit abwischen und so das ursprüngliche Aussehen des Negativs wieder herstellen kann, was bei theilweiser Verstärkung und Abschwächung nicht möglich ist. Aber man befindet sich hier auf einem sehr abschüssigen Pfade. Alle Kontrolle darüber hört auf, in wieweit man das Bild durch Abdecken absichtlich verändert.

Gegen theilweise Abschwächung oder Verstärkung wird sich kaum ein ernstlicher Einwand erheben lassen, vorausgesetzt natürlich, dass hierdurch keine wesentlichen Veränderungen der Einzelheiten des Bildes herbeigeführt werden, sondern dass es sich nur um den Ausgleich verschiedener Helligkeit handelt. Bleistift und Tusch-Pinsel mögen ein für alle Mal von dem mikrophotographischen Negativ fernbleiben. Jedes Einzeichnen in das Negativ ist unbedingt verwerflich.

In das Gebiet der Negativ-Retusche gehört auch bei Diatomeen-Aufnahme das Abdecken des Gesichtsfelds bis dicht an den Rand der Diatomee. Hierdurch wird erreicht, dass sich in der Kopie das Bild der Kieselschale von dem rein weissen Grunde vortrefflich abhebt. Es lässt sich nicht leugnen, dass dies Verfahren bei denjenigen Aufnahmen, welche Lehrzwecken dienen, sich vortrefflich bewährt. Wie häufig kommt es vor, dass z. B. die Surirella, auf welche es im Bilde vorwiegend ankommt, eingebettet liegt zwischen verschiedenen Exemplaren von Navicula. Dies muss den Lernenden verwirren.

Das Abdecken geschieht durch Auftragen einer undurchsichtigen Deckfarbe auf der Rückseite der Platte oder durch Bekleben mit dunklem Papier daselbst. Hierdurch werden die unnatürlich scharfen Umrisse vermieden, welche beim Decken auf der Bildseite entstehen.

Das Abdecken darf natürlich niemals bei solchen Bildern geschehen, welche über die Struktur der Diatomee irgend etwas beweisen sollen. Hier kommt es, wie bereits früher erörtert, vor Allem auf die ausserhalb der Kieselschale auftretenden Linien an, welche als Diffraktionssäume zu deuten sind und jede Art der Längs- und Querstreifung vortäuschen können. Verdeckt man die Umgebung der Diatomee, so raubt man den Bildern jeden Anspruch auf Wissenschaftlichkeit, da es nunmehr unmöglich wird zu entscheiden, ob die vorhandene Streifung ein Kunstprodukt ist oder nicht. Nirgends ist das Abdecken so unstatthaft, wie bei Amphipleura pellucida.

Manche lieben es, die Rückseite von Diatomeen-Negativen mit Aurin-Kollodium zu übergiessen und die gelbliche Schicht über der Kieselschale fortzukratzen. Die Diatomee kopirt dann kräftig, während die Umgebung wesentlich heller bleibt, ohne ganz weiss zu werden. Nach diesem Verfahren hergestellte Abzüge sehen eleganter aus, weil sich das Bild der Schale besser abhebt. Bei Amphipleura-Negativen muss auch dies unterbleiben, weil die mitunter nur schwach angedeuteten Linien ausserhalb der Schale hierdurch noch schwerer sichtbar werden. Dasselbe gilt vom Verstärken der die Diatomee umgebenden Bildschicht.

---

6. Die Vergrösserung des Negativs.

Die nachträgliche Vergrösserung des Negativs, welcher man früher eine hohe Bedeutung beilegte, wird gegenwärtig in der Mikrophotographie nur ganz ausnahmsweise geübt. Wir wiesen schon darauf hin, dass van Heurck in neuerer Zeit wohl der Einzige ist, welcher die ursprünglichen Aufnahmen mit so kurzer Kamera macht, dass dieselben nachträglich erheblich vergrössert werden müssen. Man kann sich der Ueberzeugung nicht verschliessen, dass van Heurck's Bilder einen noch besseren Eindruck machen würden, wenn die Originalaufnahmen eine stärkere Vergrösserung aufwiesen. Niemals ist ausser Acht zu lassen, dass die nachträgliche Vergrösserung weit mehr Mühe und Kosten verursacht, als in dieser Beziehung durch die kleine gegenüber der grossen Originalaufnahme erspart wird.

In seltenen Fällen ist eine zwei- bis dreimalige, aber nicht stärkere, nachträgliche Vergrösserung am Platze, dann nämlich, wenn die Einzel-

heiten des Negativs so feine sind, dass zwar das kurzsichtige, nicht aber das weitsichtige Auge sie ohne Lupe deutlich erkennt, und eine Steigerung der Originalvergrösserung wegen nicht ausreichender Helligkeit der Lichtquelle oder mangelnder Balgenlänge unmöglich ist (vergl. Tafel II Figur 1).

Sollte es ohne nachträgliche Vergrösserung nicht abgehen, so sorge man bei der Originalaufnahme für eine Platte von möglichst feinem Korn. Die früher verwendeten, nassen Jodsilber-Kollodium-Platten sind den Bromsilber-Trockenplatten in dieser Hinsicht wesentlich überlegen; doch giebt es auch besonders präparirte Trockenplatten, deren Korn an Feinheit wenig zu wünschen übrig lässt.

Nach Herstellung der Originalplatte, die weich und gut durchgearbeitet sein muss, überlasse man alles Uebrige dem Fach-Photographen. Wofern nicht besondere, erschwerende Umstände vorliegen, pflegt derselbe für den Preis von 5 bis 10 Mark die Vergrösserung des Negativs zu übernehmen.

Für diejenigen, welche einen Photographen nicht zur Hand haben und sich die nöthige Geduld zu solchen Arbeiten zutrauen, sei kurz beschrieben, wie man bei der Vergrösserung verfährt: Zuerst ist ein Diapositiv, d. h. ein positives Bild auf Glas, anzufertigen, und nach demselben das neue Negativ. Man kann dem Glasbilde die endgiltig gewünschte Grösse geben und hiernach ein ebenso grosses Negativ kopiren, oder das Diapositiv in Grösse der Originalaufnahme herstellen und erst das Negativ nach demselben vergrössern, oder sowohl Diapositiv wie Negativ vergrössern.

Die Vergrösserung geschieht mit Apparaten, welche den Projektionsapparaten entsprechend gebaut sind. An Stelle des bei letzteren zum Auffangen des Bildes verwendeten weissen Schirms setzt man die lichtempfindliche Platte. Das Schema eines solchen Apparats ist in Figur 46 auf Seite 143 gegeben. Man hat das hier angedeutete Präparat mit der zu vergrössernden Platte zu vertauschen.

Die Vergrösserung lässt sich auch mit Landschaftslinse und gewöhnlicher, langer Kamera derart vollführen, dass man die aufzunehmende Platte nahe vor dem Objektiv vertikal aufstellt und mit Hilfe einer 15 cm von der Platte entfernten, durch Tageslicht oder Lampenlicht erhellten, matten Scheibe beleuchtet. Bei den hier in Frage kommenden ganz schwachen Vergrösserungen ist Beleuchtung durch besondere Linsen nicht erforderlich.

Von wesentlichem Einfluss auf das Gelingen der Vergrösserung ist die Wahl der Platten. Nimmt man zur Herstellung von Diapositiv

und vergrössertem Negativ gewöhnliche Bromsilber-Trockenplatten, so befriedigt das Resultat nicht. Die auf diesem Wege erhaltenen Bilder sind grobkörnig und machen einen unansehnlichen Eindruck. Man verwendet deshalb für das Diapositiv eine Chlorsilber-Gelatineplatte, welche überaus feines Korn besitzt und die zartesten Einzelheiten des Originalnegativs in vortrefflichster Weise wiedergiebt. Nach einem solchen Diapositiv kann man das Negativ auf gewöhnlicher Bromsilberplatte fertigen. Wegen grösserer Unempfindlichkeit der Chlorsilberplatte wird dieselbe unter dem Negativ im Kopirrahmen [1] bei der Lampe belichtet, sodass das Diapositiv die Grösse der Originalaufnahme hat.

Ueber die für vergrösserte Negative nothwendige Belichtungszeit giebt nur der Versuch Aufschluss. Die Entwicklung geschieht in beschriebener Weise mit Pyrogallus-Soda.

Nach einer Papier-Kopie ein vergrössertes Negativ herzustellen ist nicht rathsam, da hierbei die Feinheiten der ursprünglichen Aufnahme nie in tadelloser Weise wiedergegeben werden.

Das Negativ von Figur 1 auf Tafel II wurde vom Verfasser durch Vergrösserung der Originalaufnahme hergestellt.

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass es sich empfiehlt, nach besonders werthvollen Negativen ein zweites Negativ in Grösse der Originalaufnahme herzustellen, um bei dem leicht möglichen Zerbrechen der Glasplatten vor Verlusten geschützt zu sein. Das Verfahren ist genau entsprechend demjenigen bei der Anfertigung von Vergrösserungen, nur kann das Umdrucken beide Male im Kopirrahmen geschehen; der Vergrösserungsapparat kommt in Fortfall. Neuerdings empfahlen Koppmann & Comp. in Hamburg [2], um die Herstellung des Diapositivs zu umgehen, die Benutzung einer bei lichtempfindlichen Platten längst bekannten Erscheinung, der Solarisation. Belichtet man nämlich eine Platte etwa 10,000 Mal länger, als zur Erzeugung eines guten Negativs nothwendig wäre, so erscheint beim Entwickeln nicht ein negatives, sondern ein positives Bild. Man legt daher unter das zu vervielfältigende Negativ im Kopirrahmen eine gewöhnliche Bromsilber-Trockenplatte und kopirt 20 bis 30 Sekunden in der Sonne oder 4 bis 6 Minuten bei zerstreutem Tageslicht. Besonders wichtig zur Erlangung eines guten, glasklaren Duplikats ist ein sehr energischer Entwickler [3]. Je schneller die Entwicklung vor sich geht, um so besser.

[1]) Genaueres über Herstellung der Diapositive und Entwicklung der Chlorsilberplatten in Abschnitt VII.

[2]) Photographische Correspondenz 1890, Mai, S. 241.

[3]) Photographisches Wochenblatt (Berlin) 1890, Nr. 22 S. 174.

Es gilt hier ganz entgegengesetzt wie sonst: Kräftige Entwickler geben klare, schwache Entwickler verschleierte Bilder.

Auf diesem Wege gewonnene Duplikatnegative zeigen natürlich ein umgekehrtes Bild. Dies erweist sich als besonderer Vortheil bei Vervielfältigung durch Lichtdruck, weil dann die im Druck nach dem Originalnegativ vorhandene Umkehrung des positiven Bildes in Fortfall kommt.

SIEBENTER ABSCHNITT.

Das positive Bild.

1. Die Kopie auf Papier.

Schon im vorigen Abschnitte wurde darauf hingewiesen, dass man bei dem DAGUERRE'schen Verfahren sogleich bei der Aufnahme positive Bilder erhielt. Dieselben liessen sich jedoch nicht ohne Weiteres mit Hilfe des Lichts vervielfältigen. Ganz anders gestaltete sich die Sache, als man lernte, negative Bilder auf Papier oder Glas zu erzeugen. Nunmehr war die Möglichkeit gegeben, nach dem Negativ eine beliebige Anzahl positiver Abzüge auf undurchsichtigen oder durchsichtigen Bildträgern zu fertigen. Nach verschiedenen, unvollkommene Resultate liefernden Versuchen mit Papieren, die mit Kochsalz imprägnirt und dann mit einer Silberlösung behandelt waren, fand man im gesilberten Albuminpapier ein vortreffliches Mittel zur Herstellung positiver Bilder, welche alle Feinheiten des Negativs in ausreichender Weise wiedergeben. Das Ueberziehen des Papiers mit Eiweiss geschieht in besonderen Fabriken. So präparirt wird es vom Photographen wenige Stunden vor dem Gebrauch auf eine Lösung von salpetersaurem Silber gelegt, wo es einige Minuten schwimmt. Nach dem Trocknen ist dasselbe zum Kopiren fertig. Man kann, wie dies in Schriften über Mikrophotographie geschehen ist, mit dem genauen Beschreiben der Sensibilisirung des Papiers, dem Abbilden der dazu nothwendigen Schalen, Holzklammern und dergleichen nebensächlichen Dingen ganze Bogen füllen. Doch verzichten wir auf dies Mittel, dem Buche ein ansehnliches Aeussere zu geben und rathen dem Mikrophotographen dringend, seine Zeit für nützlichere Dinge zu verwenden.

Das Herstellen der Abzüge auf frisch gesilbertem Albuminpapier überlässt man dem Fachphotographen; es gehört viel Uebung dazu, die Papiere richtig zu behandeln. Ausserdem vergilbt und verdirbt die Albuminschicht schon nach einem Tage; der Vorrath muss also schnell aufgebraucht werden und die Abzüge sind sogleich fertig zu machen, d. h. zu waschen, zu tonen und zu fixiren.

Seit einiger Zeit bringt man haltbare, gesilberte Albuminpapiere in den Handel. Die mit ihnen erzielten Abdrücke sind zumeist kraftloser, als diejenigen mit frisch gesilberten Papieren; wir unterlassen es daher, auf ihre Behandlung näher einzugehen. Der Freund der Porträts- und Landschaftsphotographie mag sich mit denselben begnügen; der Mikrophotograph darf sich niemals mit minderwerthigen Dingen zufrieden geben.

Wie vor 30 Jahren, so wird auch noch heute das Albuminpapier von den Fachphotographen fast ausschliesslich zum Kopiren verwendet. Neben demselben kam besonders in den letzten Jahren eine Reihe anderer Papiere in Aufnahme, die vorwiegend von Freunden der Photographie benutzt werden. Einige derselben haben den grossen Vorzug, die feinsten Einzelheiten des Negativs in viel vollkommenerer Weise wiederzugeben, als Albuminpapier, was in der Mikrophotographie von wesentlichster Bedeutung ist. Hierher gehört das Chlorsilberkollodium-Papier, welches überaus zarte Bilder giebt und 3 bis 4 Mal schneller kopirt als Albuminpapier. Dasselbe wird ebenso wie das im Folgenden zu beschreibende Aristo-Papier gewaschen, getont und fixirt.

Trotz seiner Vorzüge vermochte sich das Kollodiumpapier nicht weitere Verbreitung zu verschaffen. Es wurde durch das neuerdings in Aufnahme gekommene Chlorsilbergelatine-Papier — das sogenannte Aristopapier — aus dem Felde geschlagen. Im Aristopapier (abgeleitet von ἄριστος) besitzen wir ein lichtempfindliches Papier, welches nicht nur die Feinheiten des Negativs in überraschender Weise wiedergiebt, sondern auch die Anforderungen erfüllt, welche der Freund der Photographie unbedingt an ein Kopirpapier stellen muss: Haltbarkeit, leichte Behandlung und angenehmer Ton des fertigen Bildes. Der Mikrophotograph hat hierdurch Gelegenheit, sich von jedem Negativ ohne besondere Mühe sogleich nach dem Trocknen desselben einen Abzug zu fertigen, um zu entscheiden, ob die Aufnahme den zu stellenden Anforderungen genügt. Bekanntlich gehört viel Uebung dazu, nach dem Negativ richtig zu urtheilen. Wer die früheren Verfahren durchgekostet, sich mit den unzuverlässigen, haltbaren Albuminpapieren

herumgequält und die Negative immer wieder zum Photographen geschickt hat, weiss die Vorzüge eines guten, haltbaren Kopirpapiers zu schätzen.

Es erscheint demnach nicht überflüssig auf die Behandlung der Chlorsilbergelatine-Papiere genau einzugehen, um so mehr, als wegen der Neuheit der Erfindung in unseren guten, älteren Lehrbüchern darüber nichts zu finden ist und viele der neueren Veröffentlichungen lediglich zur Reklame dienen.

Das Chlorsilbergelatine-Papier wird in einer grösseren Reihe von Fabriken hergestellt. Man bezieht dasselbe durch jede Handlung photographischer Bedarfsartikel. Leider ist die Beschaffenheit noch keine gleichmässige. Es verdriesst im hohen Grade, wenn man mit mehreren Bogen gute Resultate erzielte, hierüber hoch erfreut einen reichlichen Vorrath bestellte und nun erleben muss, dass derselbe beinahe Alles zu wünschen übrig lässt. Die in neuster Zeit gewaltig gestiegene Konkurrenz trägt hoffentlich dazu bei, dass nur gute Durchschnittsware auf den Markt kommt. Hierbei soll nicht in Abrede gestellt werden, dass die gleichmässige Herstellung der Gelatinepapiere weit schwieriger ist, als diejenige der Albuminpapiere, da die Gelatine ein äusserst empfindlicher Körper ist.

Man bezieht das Aristopapier meist in Packeten zu 25 Blatt, welche für die gangbarsten Plattenformate zurechtgeschnitten sind. Der Preis ist ein verhältnissmässig hoher[1]; dies bildet wohl den Grund, dass dasselbe bei den Fachphotographen bisher so gut wie keinen Eingang fand.

Wesentlichen Einfluss auf die Haltbarkeit übt die Art der Aufbewahrung aus. Die Papiere halten sich nämlich nur dann lange Zeit, wenn man sie vor der Einwirkung der atmosphärischen Luft schützt. Wir empfehlen daher, sogleich nach dem Empfang die Umschläge zu lösen und die Blätter zwischen zwei gereinigten Glasplatten durch herumgeschlungenen Bindfaden fest zusammenzupressen. In dieser Weise sind sie in lichtdicht schliesenden Blechbehältern aufzubewahren, nicht etwa in Kisten oder Schränken aus frischem, harzreichem Fichtenholz, weil sie hier schnell vergilben und unbrauchbar werden.

Das zu kopirende Negativ legt man in einen passenden Rahmen und bedeckt es derart mit dem lichtempfindlichen Papier, dass die präparirte Seite die Bildschicht unmittelbar berührt. Auf die Rückseite des Papiers kommt eine sechsfache Lage von weichem Filtrirpapier,

---

[1]) 25 Blatt Format 9 × 12 kosten 1,75 M.

welche ein gleichmässiges Abdrücken gegen das Negativ bewirkt. Das Einlegen in den Rahmen geschieht im halbdunklen Zimmer, weil sonst die Weissen des Bildes leiden. Ist Alles in dieser Weise hergerichtet, so setzt man den Rahmen dem zerstreuten Tageslichte aus. Im Sommer kopirt ein nicht zu dichtes Negativ in 30 bis 60 Minuten; im Winter und bei sehr trübem Wetter dauert es mitunter einen ganzen Tag. Man überzeuge sich ab und zu von dem Fortgang des Kopirens, indem man den Rahmen in das halb verdunkelte Zimmer zurückbringt, eine Klappe des Deckels öffnet und die eine Hälfte des Papiers vorsichtig vom Negativ abhebt. Hierbei ist sorgfältig darauf zu achten, dass nicht die mindeste Verschiebung stattfindet, weil sonst doppelte Umrisse im Bilde auftreten.

Das Bild muss erheblich dunkler kopirt werden, als dasselbe endgiltig sein soll, weil nämlich die Abzüge bei der nun folgenden Behandlung wesentlich abblassen. Es erfordert einige Uebung, den besten Grad der Dunkelheit zu treffen, da nicht nur bei den verschiedenen Tonbädern das Abblassen verschieden ist, sondern auch dieselben Bäder ganz verschiedenartig wirken, je nachdem dieselben viel oder wenig gebraucht sind.

Nach dem Kopiren werden die Blätter zwischen Glasplatten in dunklen Blechkästen verwahrt und können in diesem Zustande ohne Schaden mehrere Tage oder selbst Wochen verbleiben. Um sie vor fernerer Einwirkung des Lichts unempfindlich zu machen und gleichzeitig das schlecht haltbare Silberbild in ein widerstandsfähiges Goldbild überzuführen, behandelt man dieselben wie folgt:

Das Waschen. Man legt die Abzüge, einen nach dem anderen, mit der Bildseite abwärts in kaltes Wasser, welches man so oft (5 bis 6 Mal) erneuert, bis es nicht mehr milchig wird. In kalkhaltigem Wasser entsteht ein weisslicher Niederschlag, der sich auf den Bildern absetzen und das Tonen ungleich machen würde, wenn man sie mit der Bildseite nach oben legte. Wegen der grossen Empfindlichkeit des Papiers nehme man das Waschen nicht in hellem Lichte vor.

Das Tonen. Nach dem Waschen kommen die Kopien in das Goldbad, das sogenannte Tonbad, welches letzteren Namen dem Umstande verdankt, dass der Ton der Bilder in einem bräunlichen oder bläulichen oder auch schwarzen übergeführt wird. Hier schlägt sich Gold an Stelle des Silbers nieder; da Gold den atmosphärischen Einflüssen weniger unterworfen ist als Silber, so hält sich ein getontes Bild besser als ein ungetontes. Die Zahl der für Goldbäder angegebenen Recepte ist Legion. Man unterscheidet alkalische, neutrale

und saure Bäder; letztere geben mehr bräunliche, erstere mehr bläuliche Töne; doch ist die Haltbarkeit der alkalischen Bäder eine äusserst mangelhafte, weil das Gold schon nach kürzester Zeit als rothes oder braunes Pulver ausfällt. Folgende einfache Vorschrift bewährte sich gut:

Destillirtes Wasser	500 g
Essigsaures Natron (doppelt geschmolzen) .	15 g
Chlorgold	0,5 g

Das Goldbad muss wenigstens einen Tag vor dem Gebrauch angesetzt werden und bleibt lange brauchbar, wenn man vor jedesmaligem Gebrauch etwas Chlorgoldlösung (1 : 100) zusetzt. Je schwächer das Goldbad ist, um so gleichmässiger und schöner tont es.

Man lege gleichzeitig immer nur wenig Abzüge in das Bad, damit sich das Fortschreiten der Tonung bei allen Bildern gut verfolgen lässt. Um das Aneinanderhaften der Blätter im Bade zu verhüten, ist die Schale in steter Bewegung zu halten.

Man hüte sich, die im Goldbade befindlichen Abzüge mit Fingern zu berühren, welche mit Lösung von Fixirnatron beschmutzt sind.

Dem Anfänger fällt es schwer zu beurtheilen, wie lange die Blätter im Bade verbleiben müssen, da der Ton der nassen Bilder sich niemals mit demjenigen der trocknen deckt. Die Vorschrift, man solle die Abzüge so lange im Bade belassen, bis dieselben in der Durchsicht den endgiltig gewünschten Ton zeigen, erweist sich in den weitaus meisten Fällen als unzuverlässig. Jedenfalls nehme man die Bilder sofort heraus, sobald sie anfangen, einen eigenthümlich fahlen Ton zu bekommen.

Das Tonen geschieht am Besten in Glas- oder Porzellanschalen, niemals in Metallschalen, weil sich sonst metallisches Gold an den Wänden des Gefässes niederschlägt. Schalen aus emaillirtem Eisenblech sind auch nicht zuverlässig, da an den Stellen, wo der Schmelz abgesprungen ist, die Goldlösung mit dem Metall in Berührung tritt.

Nach dem Tonen spült man die Abzüge in reinem Wasser ab und bringt sie in das Fixirbad, eine 10 % wässerige Lösung von unterschwefligsaurem Natron. In der Durchsicht lässt sich leicht erkennen, wann die Fixirung beendet ist, dann nämlich, wenn das marmorirte Aussehen schwindet. Hierzu sind fünf bis zehn Minuten erforderlich. Bei zu langem Verweilen im Fixirbade vergilben die Papiere. Nun erst sind die Bilder gegen Licht unempfindlich.

Nach dem Fixiren muss stundenlang in mehrmals gewechseltem Wasser ausgewaschen werden. Der Besitz eines Wässerungskastens erleichtert diese Arbeit ungemein. Erst nach Entfernung der letzten

Spuren des Natrons werden die Bilder in Alaun gegerbt, um die zarte, leicht verletzbare Gelatineschicht widerstandsfähiger zu machen. Gerbt man die nicht ausgewässerten Abzüge, so fällt es schwerer, das Natron zu entfernen.

Das Gerben geschieht am Besten in einer 2 % Lösung von Chromalaun, in welcher die Abzüge einige Minuten verbleiben. Nach abermaligem Auswässern sind die Kopien zum Aufziehen fertig.

Ein einfacheres Verfahren, als das soeben beschriebene, erwarb sich neuerdings zahlreiche Anhänger, nämlich die Verwendung des Tonfixirbades. Hierdurch kommt das Waschen vor dem Tonen in Fortfall und die Blätter tonen und fixiren in derselben Flüssigkeit. Auch für das Tonfixirbad wurden zahlreiche Recepte angegeben, die sich jedoch nicht alle in gleicher Weise bewährten. Eine Hauptschwierigkeit liegt in dem Reinhalten der Weissen des Bildes. Bei nicht wenigen Bädern tritt, mag dasselbe frisch angesetzt oder schon wiederholt gebraucht sein, Vergilbung ein. Das Gelbwerden lässt sich am Besten durch diejenigen Bäder vermeiden, welche salpetersaures Bleioxyd enthalten. Wir empfehlen deshalb folgende Vorschrift:

Unterschwefligsaures Natron . .	100 g
Alaun	40 „
Salpetersaures Bleioxyd	1 „
Kochendes Wasser	200 „

Nach zweitägigem Stehen setzt man nochmals 200 g kochendes Wasser hinzu und filtrirt. Dann giebt man 80 g Rhodanammonium, welches in 600 g Wasser gelöst ist, und schliesslich 5 bis 10 g einer 1 % Chlorgoldlösung hinein. Die Bilder nehmen in diesem Bade in wenigen Minuten jeden gewünschten Ton an. Da die Lösung bereits reichlich Alaun enthält, so wird, wenigstens in der kühlen Jahreszeit, ein nochmaliges Behandeln mit Chromalaun überflüssig. Nach dem Tonen ist gründlich auszuwaschen.

Die Behandlung der Abzüge nach dieser Methode ist eine so einfache, dass selbst der Ungeschickteste in kürzester Frist von seinen Negativen Kopien fertigen lernt, welche, was Feinheit der Zeichnung anbelangt, die Albuminbilder weit hinter sich lassen.

Nach dem Auswässern zieht man die Bilder entweder auf Kartons auf oder verwahrt sie in nicht aufgezogenem Zustande. Um in letzterem Falle das Zusammenrollen der Blätter nach dem Trocknen zu verhüten und dem Bilde eine grössere Tiefe zu geben, quetscht man die Abzüge vor dem Trocknen auf eine glatte Fläche. Man benutzt hierzu polirte Ebonitplatten, oder Spiegelglasplatten, welche sorgfältig

mit Talkum abgerieben sind. Die Kopie wird unter Wasser mit der Bildseite auf die Platte gelegt. Nach Herausnehmen aus dem Wasser bedeckt man die Rückseite mit Saugpapier und streicht vorsichtig mit der Hand — noch besser mit einem Kautschukquetscher — mehrmals darüber hin, um zwischen Bild und Platte vorhandene Luftblasen herauszudrücken. Dann wird die Tafel an einem luftigen Orte zum Trocknen aufgestellt, wobei stärkeres Erwärmen zu vermeiden ist. Nach vollständigem Trocknen lassen sich die Abzüge leicht von der Platte entfernen. So bestechend der hierdurch erreichte Glanz für das Auge auch sein mag, so kommt es uns doch nicht auf diesen, sondern auf die ausserordentliche Tiefe an, welche die Bilder durch das Glätten erlangen. Man hat häufig Gelegenheit zu beobachten, dass beispielsweise feinste Geisselfäden der Bakterien, welche auf dem nicht geglätteten Bilde dem Auge kaum sichtbar sind, nach dem Aufquetschen klar und deutlich hervortreten.

Zieht man die Bilder auf Kartons, so kommt das Aufquetschen in Fortfall; denn der hierdurch erreichte Hochglanz würde durch das Befeuchten mit dem Klebemittel verloren gehen.

Zum Aufkleben dient frisch bereiteter Kleister oder eine Gelatinelösung. Wir ziehen letztere wegen ihrer überaus einfachen Zubereitung vor. Die Gelatine wird im Verhältnis von 1:20 in warmem Wasser gelöst und warm mit Hilfe eines weichen Pinsels verstrichen. Die aufzuziehenden Kopien müssen vorher in kaltem Wasser gut eingeweicht sein.

Nach dem Trocknen verleiht man den aufgezogenen Bildern durch Heisssatiniren Hochglanz. Neben der hierdurch erreichten grösseren Tiefe hat man den Vortheil, dass die Kartons, welche sich in Folge des Aufziehens werfen, nach dem Hindurchgehen durch die Satinirmaschine vollkommen eben werden. Der Preis einer solchen Maschine für Formate bis zu 13 × 21 cm beträgt etwa 25 Mark. Nur das heiss satinirte Bild zeigt Alles, was bei den jetzigen Kopirverfahren aus dem Negativ herauszuholen ist.

An der Heisssatinirmaschine kann man erproben, ob der Photograph sauber zu arbeiten versteht. Die geringste Nachlässigkeit straft sich im günstigsten Falle damit, dass der erstrebte Hochglanz nicht erreicht wird, häufig genug jedoch mit dem Verluste des Bildes. Wer die im Folgenden gegebenen Vorschriften gewissenhaft befolgt, wird unangenehme Erfahrungen nie machen.

Die Maschine, welche aus stumpfer Eisenwalze und Stahlplatte mit hochpolirter, unmittelbar unter der Walze befindlicher Stahlleiste

besteht, ist auf einem schweren Tisch fest zu verschrauben. Die Erhitzung geschieht durch zwei unter der Stahlplatte angebrachte Gas- oder Spiritusflammen. Während des Anheizens beschlägt die Walze; man muss sie daher, um Tropfenbildung zu verhüten, bis zur stattgefundenen Erwärmung mehrmals mit einem Lappen abwischen. Das Beschlagen lässt sich vermeiden, wenn man Walze und Stahlplatte in warmer Röhre (im Sommer durch längere Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen) vorwärmt. Die vorgewärmte Maschine hat nach etwa 10 Minuten den zum Satiniren nothwendigen Hitzegrad, d. h. Plätteisenhitze, erreicht.

Vor dem Durchziehen durch die erhitzte Maschine werden die Kopien mit Satinirseife gereinigt. Dies geschieht folgendermassen: Man reibt einen befeuchteten Leinewandlappen mit Seife ein und wischt damit über das Bild und die nebenstehenden Kartonränder, sodass sich die ganze Oberfläche mit einer dünnen Seifenschicht bedeckt. Durch Reiben mit einem trockenen Lappen ist diese Schicht bis auf die letzte Spur wieder zu entfernen.

Nachdem dies geschehen, fasst man mit der rechten Hand die Drehkurbel der Walze und steckt mit der Linken das Bild, die Bildseite nach unten, in den schmalen Spalt zwischen polirter Stahlleiste und Walze. Beim Drehen der Kurbel wird das Bild über die polirte Leiste hinweggedrückt. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jeder Kopie 8 bis 10 Mal, wobei man nach mehrmaligem Hindurchziehen durch Drehen einer unter der Stahlplatte angebrachten Schraube den Spalt zwischen Leiste und Walze verengert, um den auf das Bild ausgeübten Druck zu vermehren. Die so behandelte Kopie wird hochglänzend und die feinsten Einzelheiten treten auf's Deutlichste hervor — ein bei Mikrophotogrammen nicht hoch genug zu veranschlagender Vortheil.

Ist die Maschine nicht heiss genug, so bleibt der Hochglanz aus, ist dieselbe zu heiss, so wirft die Bildschicht Blasen.

Die Chlorsilbergelatine-Papiere kopiren hart. Zwar bietet diese Eigenschaft den Vortheil, dass man auch von flauen Negativen kräftige Abdrücke erhält; doch tritt bei harten Negativen Mangel an Halbtönen ein. Hier helfen die jüngst in den Handel gebrachten Chlorsilber-Celloïdinpapiere, welche weich kopiren. Man behandelt sie ebenso, wie die Aristopapiere; folgendes Tonfixirbad soll sich am Besten bewähren[1]:

---

[1]) Photographisches Wochenblatt (Berlin) 1890, Nr. 13 S. 104.

Wasser	1000 g
Unterschwefligsaures Natron . . .	250 „
Rhodanammonium	20 „
Alaun	10 „
Chlorgoldlösung (1:100)	40 „
Bleiacetat	5 „

Die Resultate stehen den Aristobildern in keiner Beziehung nach: Die Weissen sind tadellos und die Töne können kaum übertroffen werden.

Mit diesen beiden Papiersorten kommt der Mikrophotograph in allen Fällen aus. Wir übergehen deshalb die grosse Reihe anderer Papiere, wie Platinpapier, Eisenblaupapier u. s. w., welche gegenüber den soeben besprochenen keine Vortheile, wohl aber manche Nachtheile bringen, und fügen nur noch einige Bemerkungen über das Bromsilberpapier an, weil dasselbe für direkte Vergrösserungen nach dem Originalnegativ, ohne Herstellung eines vergrösserten Negativs, sich als brauchbar erweist. Dasselbe wird von verschiedenen Fabriken, besonders auch von F. Stolze in Berlin-Charlottenburg, in ausgezeichneter Beschaffenheit geliefert und hat eine so grosse Empfindlichkeit, dass man bei künstlichem Lichte kopiren muss.

Um Abzüge in der Grösse des Negativs herzustellen, legt man das Bromsilberpapier wie jedes andere Kopirpapier in den Rahmen und belichtet einige Sekunden vor der Gas- oder Petroleumflamme. Hierauf ist das latente Bild zu entwickeln, genau in derselben Weise, wie dies für Eastman's Negativpapier auf Seite 200 beschrieben wurde. Einige Fabriken empfehlen für ihre Papiere besondere Entwickler und legen den Packeten genaue Vorschriften bei. Vergrösserungen fertigt man im Vergrösserungsapparat, dessen Schema in Figur 46 auf Seite 143 gegeben ist. Ueber die nothwendige Belichtungszeit entscheidet nur der Versuch. Vergrösserungen dieser Art eignen sich besonders zur Demonstration im Auditorium.

---

2. Die Kopie auf Glas.

Das Vollkommenste in der Wiedergabe feinster Einzelheiten des Negativs leisten die Glasbilder, welche, da es ohne Fremdwörter nicht abgeht, auch Diapositive oder Transparentpositive genannt werden.

Die Ueberlegenheit des Glasbildes über das Papierbild besteht vor allen Dingen darin, dass auch die dunkel kopirten Stellen, welche bei auffallendem Licht gleichmässig schwarz erscheinen, bei durchfallendem die geringsten Helligkeitsunterschiede deutlich hervortreten lassen. Ausserdem sind die Glasbilder für den Projektionsapparat verwendbar und gestatten demnach die Vorführung der Aufnahmen in Vorlesungen und wissenschaftlichen Vorträgen. Die Projektionsapparate sind zumeist für ein Format von $8^1/_2 \times 10$ cm eingerichtet.

Man kann die Negative auf gewöhnlicher Bromsilberplatte im Rahmen vor der Petroleumflamme kopiren und dann in gewohnter Weise entwickeln. Doch erweist es sich dann in der Regel als nothwendig, nach dem Fixiren und Auswässern eine Klärung der Platten vorzunehmen. Hierfür eignet sich folgende Lösung:

Alaun	50 g
Chromalaun	10 „
Eisenvitriol	50 „
Schwefelsaures Ammoniak . . .	20 „
Wasser	900 „

Nachdem dies gelöst, setzt man 10 g konzentrirter Schwefelsäure hinzu. Bei längerer Einwirkung des Bades schwächt sich das Bild ab.

Bieten die Bromsilberplatten die Annehmlichkeit, jederzeit zur Hand zu sein, so werden dieselben, was Schönheit der Bilder anbelangt, durch Chlorsilbergelatine-Platten übertroffen. Von den zahlreichen Plattensorten dieser Art zeichnen sich die durch jede Handlung photographischer Bedarfsartikel zu beziehenden Thomas-Platten durch billigen Preis und klare Bilder aus. Die Empfindlichkeit ist wesentlich geringer, als diejenige der Bromsilberplatten: Man belichtet bei normalen Negativen 2 bis 3 Minuten mit einer hellen Gas- oder Petroleumflamme. Zur Entwicklung verwendet man den auf Seite 194 beschriebenen Pyrogallus-Soda-Entwickler. Die Töne des Bildes wechseln bei fortschreitender Entwicklung und sind reich an verschiedensten Abstufungen. Das Fixiren geschieht wie gewöhnlich; dann müssen die Platten mit grosser Sorgfalt in wiederholt gewechseltem oder fliessendem Wasser gewaschen werden. Geschieht dies nicht, so schwärzt sich das nun anzuwendende Klärbad und verdirbt das Bild. Das Klärbad ist wie folgt zusammengesetzt:

Alaun	20 g
Eisenvitriol	12 „
Citronensäure . . .	3 „
Wasser	150 „

In dieses Bad taucht man das Bild ungefähr eine Minute, wodurch dasselbe bedeutend an Durchsichtigkeit gewinnt. Kein Bromsilber-Glasbild besitzt diese Klarheit. Nachfolgendes Tonen ist nicht nothwendig, wohl aber gutes Auswaschen. Für Projektionszwecke sind recht dünne Bilder vorzuziehen. Um eine Beschädigung der zarten Bildschicht zu vermeiden, deckt man die Schicht nach dem Trocknen mit einer reinen Glasplatte und verbindet beide Platten durch aufgeklebten Papierrand.

Am Vortheilhaftesten kommen die feinsten Einzelheiten des Bildes zum Vorschein, wenn man auf die Bildschicht eine matte Glasplatte vom feinsten Matt deckt. Platten mit grobem Korn sind hierfür ganz untauglich; es muss das feinste, dem unbewaffneten Auge unsichtbare Korn sein, wie dasselbe durch Behandeln der Scheiben im Schmirgelgebläse entsteht. Mit matter Scheibe bedeckte Positive sind für Projektionszwecke nicht zu verwenden.

---

3. Der Lichtdruck.

Auf die Entwicklung der Mikrophotographie übte diejenige des Lichtdrucks einen entscheidenden Einfluss aus. Was nützen die schönsten Aufnahmen, wenn sie wohlverwahrt im Kasten liegen und nur mit ungewöhnlich hohen Kosten weiteren Kreisen zugänglich zu machen sind?

Eine kleine Kopie auf Albuminpapier, im Format von Figur 1 oder 2 auf Tafel II, lässt sich kaum für einen geringeren Preis als zehn Pfennig herstellen. Bei einer Auflage von Tausend würden sich also die Kosten eines einzigen Photogramms auf 100 Mark belaufen. Und nun die zum Kopiren nothwendige Zeit! Täglich fünf Abzüge von einem mitteldichten Negativ zu fertigen, ist eine achtbare Leistung. Häufig kopirt an trüben Wintertagen kaum ein einziges Blatt. 1000 Abzüge beanspruchen demnach wenigstens 200 Tage. Bei etwas dichteren Negativen und ungünstiger Witterung ist die doppelte Zeit nicht zu hoch veranschlagt. Das sind Schwierigkeiten, welche die Verwendung von Abzügen auf Albuminpapier als Illustration in wissenschaftlichen Werken ernstlich in Frage stellen. Chlorsilbergelatine-Papier kopirt zwar schneller, der Preis stellt sich aber noch höher.

Um so mehr ist es anzuerkennen, dass die Verleger älterer mikrophotographischer Werke zu Zeiten, als die Verwendung von Lichtdruck

noch nicht zur Frage kam, weder Zeit noch Kosten scheuten und die Bücher ihres Verlages in überraschend reicher Weise mit Mikrophotogrammen ausstatteten. Nur nebenbei sei erwähnt, dass die Schrift von Gerlach sieben Probebilder auf Albuminpapier enthält, diejenige von Moitessier deren acht, darunter eine stereoskopische Aufnahme. Benecke fügt seiner Bearbeitung des Moitessier'schen Werks zwei Tafeln bei, auf denen sich je sechs Aufnahmen befinden. Allerdings ist hier jede Tafel nach einem einzigen grossen Negativ kopirt, wodurch sich die Arbeit wesentlich vereinfacht.

Die Versuche, das zeitraubende Kopiren durch ein Druckverfahren zu ersetzen, reichen in frühe Zeit zurück. Schon im Jahre 1841 gelang es Fizeau, galvanoplastische Abdrücke von Daguerreotypien zu erhalten. Durch eine eigenthümliche Aetzung der Daguerreotypie, welche dieselbe vertift und zum Abdruck geeigneter macht, verbesserte Fizeau seine Methode. Doch gaben die Galvanos immer nur ein ziemlich rohes Umrissbild des Objekts auf das Papier ab. Viel vollkommenere Resultate erzielten im Jahre 1853 Niepce de St. Victor und Lemaitre, indem sie ein Glaspositiv auf asphaltirter Stahlplatte kopirten und einätzten. Die Aetzung bringt ein feines Korn in den Schatten hervor. Die geätzte Platte ähnelt einer gestochenen und nimmt wie eine solche in den Schatten Druckerschwärze an. Nach dieser Methode werden auch Halbschatten in ziemlicher Vollkommenheit wiedergegeben.

Ein ähnliches Verfahren wendeten Barreswil, Lemercier u. A. als Photolithographie auf Stein an. Doch zeigten die Abzüge gröberes Korn und entbehrten der Mitteltöne.

Im Jahre 1853 veröffentlichte Talbot ein Verfahren, nach dem er druckfähige Bilder auf Kupfer, Stahl oder Zink erhielt. Er überzog die hochpolirte Metallplatte mit einer Chrom-Gelatineschicht, belichtete unter dem Negativ und behandelte darauf mit Aetzflüssigkeit, welche die Gelatine überall durchdringt, das Metall also angreift, wo das Licht nicht wirkte, während an den belichteten Stellen die Gelatine unlöslich und für die Aetzflüssigkeit undurchdringlich bleibt. Ist das Metall hinreichend angeätzt, so entfernt man die Gelatine und hat nun eine druckfähige Platte.

Im Laufe der Jahrzehnte wurden die verschiedenen Lichtdruck-Verfahren wesentlich verbessert. Heutigen Tags kommen für den Mikrophotographen hauptsächlich vier Druckmethoden in Betracht:

1. Der Zinklichtdruck (Autotypie).
2. Der Kupferlichtdruck (Heliogravüre oder Photogravüre).

3. Der Lichtsteindruck (Photolithographie).

4. Die Albertypie, auch schlechtweg Lichtdruck genannt.

Jedes dieser verschiedenen Verfahren hat seine Vortheile und Nachtheile; keins derselben liefert jedoch Bilder, welche den Kopien auf Chlorsilbergelatine-Papier als völlig ebenbürtig an die Seite zu stellen sind. Porträt- und Landschaftsphotographen werden dies nicht zugeben wollen. Sie haben von ihrem Standpunkte aus vollkommen Recht; der Mikrophotograph steht aber auf einem anderen Standpunkte. Nicht als ob diese Vervielfältigungsverfahren Uebergänge und Halbtöne nicht in ausreichender Weise zur Darstellung brächten — Dinge, auf die in der Porträt- und Landschaftsphotographie ein Hauptaugenmerk zu richten ist; vielmehr lässt die nicht ganz korrekte Wiedergabe der feinsten Striche den Mikrophotographen unbefriedigt. Dass es mit der Zeit gelingen wird, auch den höchsten Anforderungen zu genügen, ist ausser Frage. Nur mögen die betheiligten Kreise nicht jetzt schon die Hände in den Schoss legen und glauben, sie hätten Alles erreicht, was sich erreichen lässt.

Der Zinklichtdruck oder die Autotypie ist das billigste Verfahren, liefert aber die am Wenigsten befriedigenden Resultate. Gleichwohl bleibt derselbe für den Mikrophotographen unentbehrlich, da sich Zink-Klischees wie Holzstöcke im Text drucken lassen und nicht besondere Tafeln benöthigen.

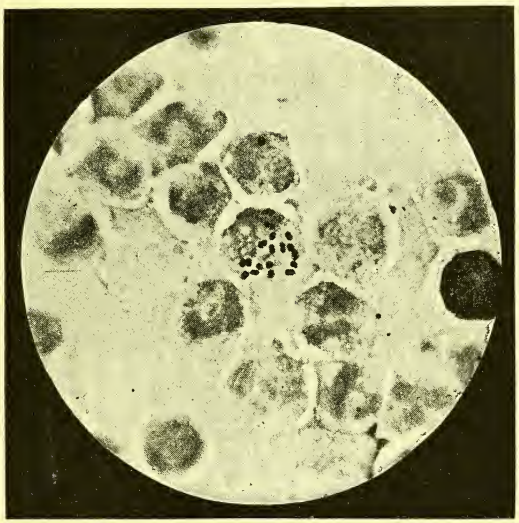
Das auf der Zinkplatte erzeugte Lichtbild wird mit einem feinen System sich kreuzender Linien überzogen, um hinreichende Zwischenräume für die Aetzung zu schaffen. Die Aetzung ist so tief zu machen, dass sich beim Aufwalzen der Druckerschwärze die vertieften Zwischenräume nicht vollfüllen. Durch zu grosse Zwischenräume wird das Korn grob und es leidet die Schönheit des Bildes.

Autotypien zeigen niemals reine Weissen, sondern an Stelle derselben mehr oder minder feine Punktirung. Hierin liegt die Schwäche des Verfahrens; denn die Punktirung hat unmittelbar zur Folge, dass alle Umrisse, sowohl diejenigen der tiefschwarzen Schatten als auch der punktirten Halbtöne nicht scharf erscheinen, sondern das Aussehen einer feinen Säge darbieten. Das ist aber in der Mikrophotographie, wo auf scharfe Umrisse Hauptgewicht gelegt wird, ein gewaltiger Nachtheil. Ueberdies gehen zarte Halbtöne und feinste Linien verloren.

Um die soeben besprochenen Verhältnisse durch Beispiele zu erläutern, geben wir in Figur 62 bis 65 einige nach Negativen des Verfassers gefertigte Autotypien. Die Ausführung des Zink-Klischees

übernahm die rühmlichst bekannte Firma H. Riffarth in Berlin (Bendler-Strasse 13), welche auf diesem Gebiete das Vollkommenste leistet, was mit den jetzt zu Gebote stehenden Mitteln zu leisten ist. Obgleich nun auch die hierzu verwendeten Negative durchaus scharf und klar sind, so kann sich der Mikrophotograph mit den Drucken doch nicht zufrieden geben.

Figur 62: Trippereiter mit Gonokokken. Vergr. 1000 linear. Nach einem Präparat des Verfassers aufgenommen bei Petroleumlicht auf Erythrosin-Badeplatte mit Hartnack apochromat. Oel-Im. 2 mm



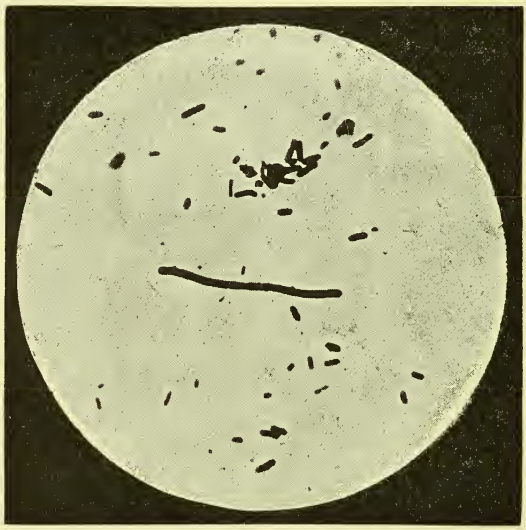
62.

Brw. und Zeiss Projektions-Okular Nr. II. Die kleinen, semmelförmigen Doppelkokken liegen haufenweis innerhalb einzelner Eiterkörperchen. Abgesehen von den schärferen Umrissen ist die Semmelform im Silberbilde klarer ausgeprägt. Der deutlich erkennbare Trennungsstreifen zwischen je zwei nahe an einander gelagerten Kokken verschwindet in der Autotypie völlig. Diejenigen Abschnitte rechts oben und links unten, welche, abgesehen von der feinen Punktirung, im Druck weiss erscheinen, zeigen im Silberbilde zarte Halbtöne.

Figur 63: Grosse Spirille mit Geisseln an beiden Enden. Vergr. 1000 linear. Präparat vom Verfasser, Geisselfärbung nach Löffler. Aufgenommen bei Petroleumlicht auf Erythrosin-Badeplatte mit Hartnack Oel-Imm. 1,3 mm Brw. und Zeiss Projektions-Okular Nr. II. Die

im Silberbilde vorhandenen, keineswegs sehr zarten Geisseln sind in der Autotypie kaum erkennbar.

Figur 64: Bacillus subtilis. Vergr. 1000 linear. Nach einem schwarz gefärbten Präparate des Verfassers aufgenommen bei Petroleumlicht auf Erythrosin-Badeplatte mit Hartnack Oel-Imm. 1,3 mm Brw. und Zeiss Projektions-Okular Nr. II. Die Unschärfe der Umrisse tritt in diesem Druck am störendsten zu Tage; die ungefärbten, besonders aber die schwach gefärbten Abschnitte (Sporen?) innerhalb der Bacillen werden durch die Autotypie höchst mangelhaft wiedergegeben.



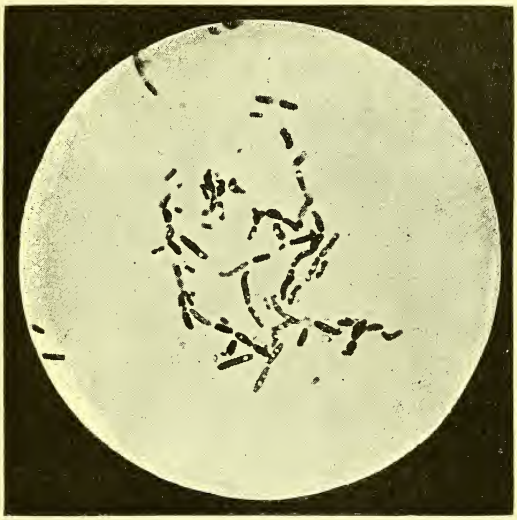
63.

Figur 65: Gehörschnecke der Katze. Vergr. 12 linear. Präparat von Dr. L. Katz. Aufgenommen bei Petroleumlicht auf Erythrosin-Badeplatte mit Steinheil's Landschaftsaplanat 7‴.

Die im Silberbilde in jeder einzelnen Windung der Schnecke deutlich ausgeprägte, als zarte Linie sich darstellende Reisner'sche Membran ist in der Autotypie unsichtbar. Auch hat die feine, an Halbtönen reiche Zeichnung durch das Druckverfahren ungemein gelitten.

Diese wenigen Bemerkungen werden genügen, um zu beweisen, dass die Autotypie selbst in der vorzüglichen Ausführung von Riffarth — die feine Körnung in vorliegenden Drucken ist eine unübertreffliche — dem Mikrophotographen nur von beschränktem Nutzen sein kann.

Bei der Wiedergabe feinster Striche versagt sie gänzlich. Ein richtiges Urtheil über diese Verhältnisse gewinnt man natürlich nur, wenn man die Silberbilder direkt mit den Drucken vergleicht. Wer Letzteres zu thun wünscht, kann Silber-Kopien durch Klönne & Müller in Berlin (Louisen-Str. 49) beziehen. Wir rathen besonders denjenigen, einen solchen Vergleich vorzunehmen, welche mikrophotographische Aufnahmen in autotypischer Vervielfältigung zu veröffentlichen gedenken. Sie werden auf diesem Wege am Besten erkennen, ob zu befürchten ist, dass Wesentliches ihrer Aufnahmen durch die Mängel des Druck-



64.

verfahrens verloren geht, oder ob nur unwesentliche Nebendinge Einbusse erleiden.

Prof. Kitt in München machte einen wohlgelungenen Versuch, Autotypien nach seinen mikrophotographischen Negativen als Illustration in wissenschaftlichen Abhandlungen zu verwenden. Seine Aufnahmen von Milzbrandbacillen, Oedembacillen u. s. w. sind trotz der Mängel des Vervielfältigungsverfahrens anschaulich und lehrreich. In vielen Fällen, wo der hohe Preis der Lichtdrucktafel zwingt, zum Klischee zu greifen, ist die Autotypie dem Holzschnitt immer noch vorzuziehen.

Die Anstalt von Riffarth berechnet für Herstellung eines einzelnen Zink-Klischees bis zur Grösse von 90 □-cm 12 Mark. Können

mehrere Bilder, welche in Ton, Kraft und Grösse gleich sind, zusammen zinkographirt werden, so stellt sich der Preis auf 13 Pf. für den □-cm. In diesem Falle ist nicht Einsendung von Negativen, sondern von guten Silber-Kopien nöthig. Jedes einzelne Klischee in Grösse von Figur 65 kostet dann etwas 7 Mark.

Die Autotypie erfordert klare, scharf gezeichnete, nicht zu harte Negative. Schlechte Aufnahmen mit unscharfer Zeichnung, mit dunklen Stellen und Fehlern sind zu vermeiden.

Kupferlichtdruck, Heliogravüre oder Photogravüre sind die verschiedenen Benennungen des mit Kupferdruckpresse und tiefgeätzter

65.

Kupferplatte geübten Verfahrens. Dasselbe giebt die feinen Einzelheiten des Negativs scharf wieder und zeichnet vortrefflich in den Halbtönen. Der allgemeinen Verwendbarkeit steht nur der hohe Preis im Wege. Für Anfertigung der druckfähigen Kupferplatte in Grösse der diesem Buche beigegebenen Tafeln wird 40 Mark und mehr berechnet. Dazu kommt der Preis für Druck der Tafeln, welcher sich für jedes Tausend auf etwa 80 Mark stellt. Bei einer Auflage von Tausend ist daher der Gesammtpreis 120 Mark, von Zweitausend 200 Mark u. s. w. Der hohe Preis der Abzüge rechtfertigt sich durch die Art der Herstellung, welche mit der Handdruckpresse geschieht.

Ein geschickter Arbeiter vermag täglich kaum mehr als 200 Kopien zu drucken. Die Kupferplatte gestattet, ohne an ihrer Schönheit Einbusse zu erleiden, eine beinahe unbegrenzte Zahl von Abzügen bis 20,000 und lässt sich für spätere Aufnahmen beliebig lange aufbewahren.

Der Lichtsteindruck oder die Photolithographie beruht auf der Herstellung eines Bildes in fetter Schwärze auf lithographischem Kalkstein mit Hilfe der Photographie. Das früher mangelhafte Verfahren wurde in neuerer Zeit wesentlich verbessert, doch lässt die getreue Wiedergabe feiner Einzelheiten auch jetzt noch Manches zu wünschen übrig. Die Verwendung der Photolithographie empfiehlt sich besonders dort, wo es darauf ankommt, die Herstellungskosten von Werken, welche in kleiner Auflage zu drucken sind, zu vermindern.

Die auch kurzweg „Lichtdruck" benannte Albertypie ist die am meisten angewandte Druckmethode. Sie beruht darauf, dass eine Gelatinechromatschicht die Fähigkeit besitzt, an belichteten Stellen fette Farbe anzuziehen. Man bringt eine solche Schicht auf Glas, belichtet unter einem Negativ, wäscht die vom Licht nicht getroffenen Stellen aus und walzt mit der Lederwalze fette Farbe auf. Dieselbe geht dann auf einen angepressten Papierbogen über und man erhält einen positiven Abdruck, in dem auch die Halbtöne wiedergegeben sind. Dies Abdrucken lässt sich beliebig oft wiederholen. Die dem Buche beigegebenen, von Kühl & Co. in Frankfurt a. M. gefertigten Lichtdrucktafeln wurden nach diesem Verfahren hergestellt. Man kann je nach Wunsch mit tiefschwarzer, blauschwarzer oder bräunlicher Farbe drucken. Selbst Roth, Grün und Violett wurde in vereinzelten Fällen angewendet, um im Druck die Färbung der Präparate genau wiederzugeben; doch ist Letzteres eine müssige Spielerei. Blauschwarz wirkt für das Auge am Angenehmsten.

Der Lichtdruck giebt die feinsten Einzelheiten nicht in tadelloser Schärfe wieder. In der Erklärung der Tafeln sind die Hauptmängel an der Hand des Beispiels eingehend besprochen. Gleichwohl wird sich dies Verfahren wegen seiner Einfachheit, verhältnissmässigen Billigkeit und Ueberlegenheit über eine Reihe anderer Verfahren nicht so leicht aus dem Felde schlagen lassen. Der Druck der Tafeln geschieht in der Regel mit der Buchdruckerpresse und nimmt daher wenig Zeit in Anspruch. Der Preis einer Tafel stellt sich für jedes Tausend auf 50 bis 100 Mark, je nach Grösse des Papiers und Zahl der darauf befindlichen, einzelnen Aufnahmen.

Beinahe jede grössere Stadt besitzt jetzt Lichtdruck-Anstalten,

deren Leistungen nicht allzusehr von einander abweichen. Der Mikrophotograph richte bei der Wahl sein Augenmerk häuptsächlich auf die Körnung der Drucke und die Wiedergabe feinster Striche und Punkte.

Obernetter in München bringt ein besonderes Glanzlichtdruckverfahren in Anwendung, welches an Schönheit der damit erzielten Resultate die gewöhnlichen Lichtdrucke nicht unerheblich übertrifft. Besonders werden bei demselben feinste Linien mit grosser Schärfe wiedergegeben. Leider sind die Herstellungskosten ungewöhnlich hohe: Eine Tafel mit zwei kleinen Aufnahmen kostet für jedes Tausend etwa 150 M. Der hohe Preis ist verursacht einerseits durch Verwendung der Handpresse, andererseits durch den Umstand, dass nach dem Obernetter'schen Verfahren eine Druckplatte immer nur eine verhältnismässig geringe Anzahl von Abzügen gestattet. Bei grösseren Auflagen müssen daher zehn und mehr Druckplatten für dieselbe Tafel hergestellt werden.

Neben dem Kupferlichtdruck sind Obernetter's Glanzlichtdrucke bis jetzt das Vollkommenste.

Für den Lichtdruck eignen sich am Besten klare, weiche, an Halbtönen reiche Negative. Selbst nach flauen Platten erhält man überraschend kräftige Abzüge. Harte Negative sind zu verwerfen.

Durch den Druck wird eine Umkehrung des Bildes herbeigeführt. Wünscht man ein aufrechtes Bild, welches der unter dem Negativ gefertigten Silberkopie entspricht, so müssen abziehbare Trockenplatten verwendet werden. Bei ihnen lässt sich nach beendeter Entwicklung, Fixirung und und nach vollständigem Trocknen die Bildschicht vom Glase ablösen. Die abgezogene Schicht legt sich beim Kopiren an die Druckplatte besser an, als das Glasnegativ, was besonders bei grossen Formaten der Schärfe des Bildes zu Gute kommt.

Abziehbare Trockenplatten kleinen Formats sind in denjenigen Fabriken nicht käuflich, welche nur grosse Platten mit der Maschine giessen und die kleinen durch Zerschneiden der grossen gewinnen. Beim Zerschneiden würde die Bildschicht abspringen. Aus diesem Grunde konnte sich auch Verfasser bei Benutzung von Sachs-Platten für die zum Lichtdruck bestimmten Aufnahmen nicht abziehbarer Platten bedienen.

Wir wiesen bereits auf Seite 211 darauf hin, dass man bei Verwendung der durch Solarisation hergestellten Duplikatnegative die in manchen Fällen recht unliebsame Umkehrung des Bildes vermeidet.

Bei Besprechung des negativen Bildes in Abschnitt VI wurde die

Frage der Retusche eingehend erörtert. Bei dem positiven Bilde — der Silberkopie sowohl, wie dem Lichtdruck — darf man sich in diesem Punkte kurz fassen: Positiv-Retusche irgendwelcher Art ist in der Mikrophotographie unter allen Umständen zu verwerfen. Will man Beweise seiner Geschicklichkeit im Zeichnen geben, so sind die kostspieligen Vervielfältigungsmethoden der Lichtbilder überflüssig.

ACHTER ABSCHNITT.

1. Die Präparate.

Ein genaueres Eingehen auf die Herstellung der Präparate ist nicht unsere Aufgabe; Specialwerke geben darüber Aufschluss. Die Präparirungsmethoden sind in unablässiger Entwicklung begriffen und wechseln mitunter im Laufe weniger Monate von Grund aus. Man denke nur an die Bakterien: Anfänglich begnügte man sich damit, wenn der Körper derselben hinreichend intensive Färbung angenommen hatte. Gegenwärtig sollen auch die feinsten Anhängsel, die Geisseln, deutlich sichtbar gemacht werden. Wer weiss, ob die nächste Zukunft nicht ganz andere Anforderung an Bakterienpräparate stellt? In der Histiologie liegen die Verhältnisse nicht anders.

Im Folgenden soll erörtert werden, wie Präparate beschaffen sein müssen, um für mikrophotographische Zwecke brauchbar zu sein. Im Allgemeinen gilt der Satz: Man photographire nur die allerbesten Präparate. Nach mangelhaften Objekten hergestellte Photogramme verlohnen nicht die auf sie verwendete Mühe. Viel Verstand gehört nicht dazu, dies einzusehen, und doch muthet man dem Mikrophotographen die seltsamsten Dinge zu. Wer sich damit befasst, in seinen Mussestunden für Andere mikrophotographische Arbeiten auszuführen, weiss ein Lied davon zu singen. Kommt da ein angehender Histiologe, welcher glaubt epochemachende Neuigkeiten in seinen Präparaten entdeckt zu haben; er gesteht zwar ein, dass die Sache nicht mit sonderlicher Deutlichkeit zu sehen sei, jedoch auf dem Photogramm werde sich das schon machen, denn es steht ja allerwärts zu lesen, dass die lichtempfindliche Platte der Netzhaut des Auges überlegen ist. Unterwirft man gedachte Präparate einer Prüfung, so stellt sich heraus, dass

der Verfertiger es nicht einmal der Mühe für werth erachtete, Deckgläschen aufzulegen. Der Schnitt, das Zupf-Präparat oder Gott weiss welches Material, das für 30 Präparate ausgereicht haben würde, liegt in Kanadabalsam unter einer Kruste von Staub und Schmutz begraben. Sollte gar ein Deckgläschen zur Verwendung gelangt sein, so reinigte man dasselbe vor dem Auflegen nicht, und der Lichtstrahl muss sich durch eine ansehnliche Schmutzschicht hindurcharbeiten, bevor er in das Objektiv eintritt.

Die Aufnahme eines nicht mit Deckgläschen bedeckten Objekts ist ein Unding, denn man erhält in Folge von unregelmässigem Strahlengang Zeichnungen, die keine entfernte Aehnlichkeit haben mit denjenigen, die im bedeckten Präparate erscheinen.

Nun die Dicke der Objekte! Als ob es darauf ankäme, möglichst viel von dem zu untersuchenden Gegenstande auf dem Objektträger abzulagern. Bei der Okularbeobachtung kann man selbst in sehr dicken Präparaten Einiges erkennen; im Lichtbilde überdecken die unscharfen Umrisse der höher und tiefer gelegenen Ebenen die scharfe Zeichnung der Einstellungsebene und erzeugen jene genugsam bekannten Bilder, welche die Mikrophotographie so gründlich in Verruf brachten.

Man behauptete, dass, wenn die Photographie in der That nur diejenigen Objekte gut wiedergiebt, welche in einer Ebene liegen, der Mikrophotograph sich auf die Aufnahme von Diatomeen und Deckglas-Trockenpräparaten der Bakterien zu beschränken habe. Das ist völlig irrig. Denn erstens liegen in vielen histiologischen Präparaten die Hauptdinge in einer Ebene und es bereitet bei der grossen Vollkommenheit der Mikrotome keine unüberwindlichen Schwierigkeiten, hinreichend dünn zu schneiden. Wir verweisen auf Tafel III. Zweitens kennt der Mikrophotograph Mittel und Wege, um auch von solchen Objekten, bei denen die Hauptdinge verschiedenen Ebenen angehören, brauchbare Bilder zu erzeugen. Man verwendet in letzterem Falle zur Aufnahme Landschafts-Aplanate oder schränkt bei Benutzung stärkerer Objektive die Breite des Beleuchtungskegels auf ein möglichst geringes Mass ein. Allerdings lässt sich hierbei über eine gewisse Grenze nicht hinausgehen. Doch schmilzt die Zahl derjenigen Objekte, mit denen selbst der geschickteste Photograph nichts anzufangen vermag, auf ein verschwindend kleines Häuflein zusammen.

Vor zwei Jahren theilte Capranica den erstaunten Mikrophotographen mit, dass nunmehr ein Mittel gefunden sei, auch die verschiedensten Ebenen angehörigen Dinge eines Objekts gleichzeitig im Bilde scharf darzustellen. Capranica schreibt darüber als vorläufige

Mittheilung[1]: „Vermittelst des Systems der successiven Pausen sei es ihm gelungen, auf derselben Platte die verschiedenen Ebenen eines beliebigen Präparats wiederzugeben, indem er auf diese Weise eine einzige Aufnahme des Ganzen bekommt".

Der Autor liess es bei dieser vorläufigen Mittheilung bewenden. Schwer verständlich bleibt, welche Thatsache ihn zu obiger Behauptung veranlasste; hoffentlich erfahren wir bald Genaueres hierüber. Trotz wiederholter Versuche wollte es dem Verfasser niemals gelingen, nach Capranica's Verfahren brauchbare Resultate zu erzielen. Es ist daher bis auf Weiteres an dem Grundsatze festzuhalten, dass jede Aenderung der Einstellung während der Belichtung die Aufnahme unfehlbar verdirbt.

Nicht ohne Einfluss auf die Aufnahme ist die Beschaffenheit von Objektträger und Deckglas, nicht die Dicke der Deckgläschen, welche bei Verwendung von starken Trockensystemen und Wasserimmersionen genau zu berücksichtigen ist, sondern die Farbe des Glases. Das vielfach hierzu verwendete grünliche Glas verschluckt eine erhebliche Menge der chemisch wirksamen Strahlen und trägt zur Verlängerung der Belichtungszeit bei. Die von einigen Seiten empfohlene Benutzung von blauem Glas zu Objektträger und Deckglas, um hierdurch einfarbiges blaues Licht zu erzeugen, ist durchaus zu verwerfen, denn die durch blaues Glas hindurchgehenden Strahlen haben niemals eng begrenzte Wellenlänge.

Nicht selten ist das Glas der Objektträger zu dick. Mag hierdurch auch die Widerstandsfähigkeit der Präparate eine grössere werden, so bringt doch der weite Abstand des Objekts von der Frontlinse des Beleuchtungssystems den Nachtheil, dass es häufig nur durch Einschaltung einer Sammellinse zwischen Lichtquelle und Kondensor gelingt, das Bild der Lichtquelle in die Objektebene zu verlegen.

Arbeitet man mit den neusten Objektiven von Zeiss, welche eine Apertur von 1,60 haben, so müssen zu Objektträger und Deckgläschen Glassorten verwendet werden, welche einen Brechungsexponenten von mindestens 1,60 haben. Dass in diesem Falle für das einbettende Medium ein ebenso hoher Brechungsexponent erforderlich ist, wurde schon früher erörtert.

Für die Sichtbarmachung ungefärbter mikroskopischer Objekte, insbesondere der Diatomeen, bleibt es vortheilhaft, wenn dieselben sich in einem Medium befinden, dessen Brechungsindex von demjenigen

[1]) Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie Bd. V, 1888, S. 228.

des Objekts selbst möglichst verschieden ist. Der Brechungsindex der Kieselschalen beträgt etwa 1,50. Um also den nothwendigen Unterschied herbeizuführen, greift man, wenigstens bei den schwer zu lösenden Probeobjectiven, zu brechenden Medien mit überaus hohem Index. Der Brechungsindex einer Lösung von Phosphor in Schwefelkohlenstoff beträgt 2,1, derjenige von Realgar 2,4. In diese Substanzen eingebettete Amphipleuren lassen sich daher spielend auflösen; doch haften leider beiden Medien nicht unbedeutende Nachtheile an. Entwirft man nämlich das Sonnenbildchen in die Objektebene des Phosphor-Präparats, so zersetzt sich das Medium augenblicklich, auch wenn die Wärmestrahlen durch geeignete Absorptionsküvetten abgefangen sind. Realgar zeichnet sich durch grosse Beständigkeit aus, enthält aber so viele Verunreinigungen und Krystalle, dass hierdurch die Schönheit des Bildes erheblich leidet. Durch Anwärmen vor der Aufnahme lösen sich die Krystalle und die Masse wird mehr homogen; doch hält diese Wirkung nicht lange vor, und ehe man zur Aufnahme schreiten kann, sind die Krystalle wieder da. Auch erfordert die Bereitung der Realgar-Präparate wegen der giftigen Dämpfe grosse Vorsicht. Endlich absorbirt Realgar einen grossen Theil der bei Auflösung von Probeobjekten vorwiegend in Betracht kommenden kurzwelligen Strahlen.

In Zinnchlorür und Jodkalium-Quecksilberjodid eingebettete Diatomeen lassen sich ebenfalls verhältnismässig leicht lösen; besonders giebt ersteres bei Amphipleura pellucida vortreffliche Resultate (vergl. Tafel I), doch ist die Haltbarkeit dieser Präparate eine begrenzte. Monobrom-Naphtalin eignet sich vorzüglich für verschiedene Diatomeen, sehr schlecht aber für Amphipleura pellucida.

Der Gedanke liegt nahe, den Unterschied zwischen Brechungsindex der Kieselschale und demjenigen des einbettenden Mediums dadurch möglichst gross zu machen, dass man die Diatomeen trocken einlegt. Bei denjenigen Schalen, welche zu ihrer Lösung eine hohe Apertur erfordern, ist dies Verfahren nicht zulässig; bei leicht zu lösenden giebt dagegen trockene Einbettung vortreffliche Bilder. Die sich bei letzterer bemerkbar machenden Unterschiede rühren davon her, dass an das Deckgläschen angeschmolzene Kieselschalen einen anderen Strahlengang bewirken, als diejenigen, welche von einer auch noch so dünnen Luftschicht überdeckt sind.

Wenn trocken eingelegte Diatomeen durch Ankleben oder Festschmelzen in unmittelbarster Berührung mit dem Deckglase stehen, so wirkt nach Dippel[1] ein Immersionssystem in diesem Falle so, als ob

[1]) Dippel, L., Grundzüge der allgemeinen Mikroskopie S. 160.

seine numer. Apertur $= \frac{a+1}{2}$, d. h. der Hälfte seiner um die Einheit vermehrten, wirklichen numer. Apertur gleich wäre. Demnach kommt bei einer Oel-Immersion mit 1,40 Apertur eine solche von $\frac{1{,}40+1}{2} = 1{,}20$ zur Wirksamkeit. Diese mit dem früher Gesagten scheinbar in Widerspruch stehende Thatsache findet ihre Erklärung durch die Brechung des Lichtstrahls, welche innerhalb der am Deckglase festhaftenden Diatomee eintritt.

Aus dem soeben Besprochenen erklären sich die verschiedenen Resultate, welche verschiedene Beobachter mittelst Immersionssystemen an den schwierigen, trocken eingelegten Probeobjekten, wie Frustulia saxonica, Surirella gemma und deren sogenannten guten und schlechten, d. h. an das Deckglas angeschmolzenen und vom Glase durch eine dünne Luftschicht getrennten Exemplaren erlangten.

Der Histiologe und Bakteriologe bettet seine Objekte zumeist in Glycerin oder Kanada-Balsam ein. Um die zum Erkennen der feinsten Einzelheiten nothwendigen Gegensätze herbeizuführen, bringt er Färbungen in Anwendung, wofern die Objekte nicht von Natur hinreichend kräftig gefärbt sind. Man darf aber niemals vergessen, dass jede künstliche Färbung ein Nothbehelf ist, und dass man die Objekte zum Vergleich auch im ungefärbten Zustande untersuchen soll. Hier erweist sich die Photographie als werthvolle Helferin; denn während die Netzhaut eine hervorragende Empfindlichkeit für Unterschiede in der Färbung besitzt, beruht die Stärke der Bromsilberplatte in dem Wahrnehmen geringfügigster Helligkeitsunterschiede. Der Mikrophotograph macht die Erfahrung, dass die Aufnahme ungefärbter Präparate weniger Schwierigkeiten bereitet, als diejenige gefärbter: Man erhält bei ersterer kontrastreiche Bilder, wo das Auge bei der Okularbeobachtung nur schwache Unterschiede wahrnimmt, und ist bei letzterer trotz der leuchtenden Farben des Objekts über die Flauheit der Negative erstaunt.

In richtiger Erkenntnis dieser Thatsachen war Koch schon vor anderthalb Jahrzehnten mit bestem Erfolge bemüht, nicht nur die gefärbten Mumien der Bakterien, sondern auch die auf ihren Nährböden lebenden Organismen zu photographiren. In früheren Abschnitten wurde erörtert, wie man hierbei zu verfahren hat, wenn es wegen der Flüssigkeiten nicht angeht, die Präparate in vertikale Lage zu bringen. Ein kleiner Kunstgriff erleichtert das Arbeiten erheblich: Man vermischt eine Spur der bakterienhaltigen Flüssigkeit mit einem Tropfen erwärm-

ter Nährgelatine; die erstarrende Gelatine fängt die Mikroorganismen und verhindert nicht nur ihre Eigenbewegung und die sehr störende Molekularbewegung, sondern auch die nach den Gesetzen der Schwere eintretende Lageveränderung des Tropfens, ohne hierbei die Form der aufzunehmenden Lebewesen im Mindesten zu ändern.

Für die Aufnahme ist es nicht gleichgiltig, mit welcher Farbe die Objekte gefärbt sind. Schwarzfärbung bleibt für die Mikrophotographie stets das Günstigste. Aber nicht alle Objekte thun uns den Gefallen, sich schwarz färben zu lassen. Während z. B. fast alle Bakterien rothe und blaue Anilinfarbstoffe verhältnismässig leicht annehmen, ist die Schwarzfärbung mit grossen Umständlichkeiten verknüpft und gelingt in manchen Fällen überhaupt nicht. Ein Gleiches gilt von der Braunfärbung, die für die lichtempfindliche Platte, die Erythrosinplatte nicht ausgenommen, dieselbe Wirkung hat, wie Schwarz. Bei allen übrigen Färbungen spielt die Empfindlichkeit der verwendeten Platte für bestimmte Farben eine Hauptrolle. Blau und violett gefärbte Präparate liefern mit gewöhnlicher Bromsilberplatte wenig befriedigende Resultate, während ein Gleiches bei Gelbfärbung für die Erythrosinplatte gilt.

Es giebt nun ein einfaches Mittel, jegliche Art der Färbung für für die Netzhaut sowohl wie für die lichtempfindliche Platte in Schwarz umzuwandeln: Man beleuchtet mit einem Licht, welches durch die Farbe der Präparate verschluckt wird. Ist beispielsweise das Objekt gelb oder braun gefärbt und wird mit blauen Strahlen beleuchtet, so erscheint dasselbe auf der Visirscheibe schwarz auf blauem Grunde.

Nach dem Vorgange von Koch verfährt man, um systematisch zu Werke zu gehen, folgendermassen: Man prüft die zur Färbung verwendeten Lösungen im Spektroskop und ermittelt diejenigen Lichtarten, welche geeignet sind, das Spektrum der Farblösungen auszulöschen. Hierbei ergiebt es sich, dass das Spektrum von Bismarckbraun — ein heller Streifen zwischen den Linien *D* und *E* — ausgelöscht wird, wenn man eine mit Kupferoxydammoniak gefüllte Küvette in den Gang der Strahlen einschaltet; denn letztere Lösung lässt in hinreichender Koncentration angewendet nur Strahlen hindurchtreten, deren Spektrum ausserhalb des Zwischenraums zwischen den Linien *D* und *E* liegt.

Die Spektren von Fuchsin, Methylenblau und Gentianaviolett zeigen in beinahe völlig übereinstimmender Weise einen Absorptionsstreifen zwischen den Linien *D* und *E*, während die Umgebung rechts und links hell ist. Am meisten überrascht hierbei, dass die dem Auge roth erscheinende Fuchsinlösung auch eine so reichliche Menge blauer und violetter Strahlen hindurchtreten lässt. Dadurch wird erklärlich,

weshalb mit Fuchsin gefärbte Präparate bei Verwendung der gewöhnlichen Trockenplatten ohne Lichtfilter nicht die klaren Negative ergeben, welche man bei der Unempfindlichkeit dieser Platten gegen Roth erwarten müsste: Die den rothen beigemischten blauen und violetten Strahlen verändern die Silberschicht auch an den Stellen, welche blank bleiben sollten.

Schaltet man nun eine mit der Zettnow'schen Flüssigkeit gefüllte Küvette, welche nur die zwischen den Fraunhofer'schen Linien *D* und *E* gelegenen Strahlen hindurchtreten lässt, in die Bahn der Lichtstrahlen, so wird das Spektrum von Fuchsin, Methylenblau und Gentianaviolett ausgelöscht. Hieraus ergiebt sich, dass, will man Präparate photographiren, welche mit einem dieser drei Farbstoffe gefärbt sind, ein Zettnow'sches Filter in Anwendung zu bringen ist, damit das Objekt schwarz auf gelbgrünem Grunde erscheint. Schon früher wurde darauf hingewiesen, dass dann die gewöhnliche Bromsilberplatte wegen ihrer geringen Empfindlichkeit für Gelbgrün durch die Erythrosinplatte ersetzt werden muss[1].

Je weniger kräftig die Färbung der Objekte ist, um so gesättigtere Lösungen hat man für die Absorptionsküvetten zu verwenden, will man schwarze Zeichnung auf hellem Grunde erhalten.

Nach obiger Methode lassen sich roth, blau und violett gefärbte Präparate mit derselben Leichtigkeit photographiren, wie braun gefärbte. Ebenso werden neben einander verschiedene Farben, wie Roth und Blau, im Bilde gleichwerthig wiedergegeben. Dies bedeutet einen ungeheueren Fortschritt, wenn man bedenkt, dass die Mikrophotographen noch vor wenigen Jahren der Meinung waren, man könne nur von braun gefärbten Objekten gute Photogramme herstellen.

Beim Arbeiten mit Sonnenlicht oder irgend einer anderen, an blauen und violetten Strahlen reichen Lichtquelle sind die Farben der Präparate auf jeden Fall auszulöschen. Photographirt man dagegen mit Erythrosinplatte und dem an gelben Strahlen reichen Petroleumlicht, so hinterlassen rothe, blaue und violette Färbungen auf der Platte kaum irgendwelchen Eindruck; man kann daher, wofern nicht starke Fokusdifferenz der Objektive dies ausschliesst, die Absorptionsküvetten ohne Schaden fortlassen.

Nicht Jedermanns Sache ist es, sich die Präparate, die er photographiren will, selbst herzustellen. Es giebt nun sowohl im Inlande

[1]) Eine die soeben besprochenen Verhältnisse erläuternde Spektraltafel findet sich in Fraenkel und Pfeiffer, mikrophotographischer Atlas der Bakterienkunde S. 40.

wie im Auslande eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Handlungen, welche den Vertrieb mikroskopischer Präparate als mehr oder minder ausschliessliches Geschäft betreiben. Bei dem Ankauf von Präparaten sei man auf seiner Hut und nehme nicht das erste, beste Objekt, welches der Händler anbietet; denn meist findet man in den Handlungen neben Vortrefflichem auch recht mangehafte Ware. Für mikrophotographische Aufnahmen eignet sich aber nur das Vorzüglichste. Von deutschen Firmen leisten hervorragend Gutes: Möller in Wedel (Holstein) und Klönne & Müller in Berlin (Luisenstr. 49); erstere besonders in Diatomeen-Präparaten, letztere in histiologischen und bakteriologischen Objekten. Die von den Händlern in ihren Katalogen angepriesenen Diatomeen-Typenplatten, welche die verschiedenen Arten in Reihen angeordnet tragen[1], haben für den Mikrophotographen keinen Werth. Bei einem solchen Präparat sind natürlich die verschiedensten Arten in demselben Medium eingebettet (in einer Mischung von Monobrom-Naphtalin mit Kanadabalsam). Nun erfordern aber die verschiedenen Schalen für beste Lösung ganz verschiedene Medien. Es wäre Thorheit, eine Amphipleura pellucida gut lösen zu wollen, die in Monobrom-Naphtalin liegt. Der Mikrophotograph quäle sich also nicht mit Spielereien und kaufe für jede Diatomeenart ein besonderes Präparat. Man wird dann selbst in nicht sehr vollkommenen Präparaten die eine oder andere Schale herausfinden, welche sich weit besser löst, als die übrigen. Merkwürdig bleibt, dass ein findiger Kopf noch nicht auf den Gedanken kam, die verschiedenen Bacillen und Kokken auf einem Objektträger in Reihe und Glied aufmarschiren zu lassen. Es würde sich gewiss nicht schlecht ausnehmen, wenn Cholera, Typhus, Rotz, Milzbrand, Tetanus und die übrigen Todfeinde der Menschheit im engsten Raume friedlich neben einander liegen.

---

2. Die Bedeutung der Mikrophotographie.

Nachdem sich die erste Freude darüber, dass es möglich ist, mit Hilfe des Lichts das Bild eines mikroskopischen Objekts herzustellen, gelegt hatte, betrachtete man, durch die vielen Misserfolge stutzig ge-

[1]) Möller empfiehlt Typenplatten mit 1600 verschiedenen Diatomeen (Preis eines Präparats 1600 M.).

macht, den mikroskopischen Apparat mit misstrauischen Augen und hielt die Mikrophotographie für eine bedeutungslose Spielerei. Vereinzelte hervorragende Leistungen vermochten den Glauben nicht zu erschüttern, dass die Sache praktischen Werth nicht besitze. Zudem beschränkten sich die guten Aufnahmen fast ausschliesslich auf das Gebiet der Diatomeen; der Histiologe, welcher wohl wünschte, seine Präparate photographirt zu sehen, blieb unbefriedigt. Die Mikrophotographie krankte ferner an der umständlichen und schwierigen Behandder lichtempfindlichen Platte: Der Gelehrte verstand nicht, mit dem Jodkollodium, den Silberbädern und Hervorrufern umzugehen; der hiermit genau vertraute Fach-Photograph verstand nichts von Präparaten und Behandlung des Mikroskops. Hierzu kam die Mangelhaftigkeit der Objektive, insbesondere ihre Fokusdifferenz und die wegen der unempfindlichen, nassen Platte bedingte Nothwendigkeit, sehr intensives Licht, wenn möglich direktes Sonnenlicht, anzuwenden. Waren durch ungewöhnliches Geschick und staunenswerthe Ausdauer alle diese Hindernisse überwunden, so blieb der Lohn ein verhältnissmässig dürftiger, denn kein Lichtdruckverfahren ermöglichte, die gewonnenen Resultate weiteren Kreisen zugänglich zu machen und die Herstellung der Silberkopien erforderte viel Zeit und Geld. Das Ende vom Liede blieb der ‚Holzschnitt nach einer Photographie'. Nicht mit Unrecht frug man sich: Wozu die viele Mühe, wenn das Bild schliesslich doch der Auffassung des Zeichners überlassen bleibt?

Die Veröffentlichungen von Robert Koch (1877 u. 1881) liessen die Bedeutung der Mikrophotographie mit einem Schlage in ganz anderem Lichte erscheinen. Koch bewies an einer grossen Reihe vortrefflich gelungener Mikrophotogramme, dass der geschickteste Zeichner die Objekte nicht schärfer und naturwahrer zur Darstellung bringen kann, als die lichtempfindliche Platte. Er photographirte die zartesten Gebilde, welche die Natur schuf, die dem Auge selbst im besten Mikroskop schwer erkennbaren Geisselfäden der Bacillen, und zeigte, dass allein durch das Photogramm gewisse Streitfragen zu entscheiden sind. In Bezug auf letzten Punkt zog er ein lehrreiches Beispiel an: Lewis[1] hatte behauptet, dass die Rekurrens-Spirillen, welche in Indien den Rückfallstyphus erzeugen, sich unterscheiden von den europäischen Spirillen; erstere seien wesentlich breiter als letztere. Zum Beweise seiner Behauptung fertigte er Aufnahmen der indischen Spirillen. Koch

[1]) Lewis, The microscope organisms found in the blood of man and animals. Kalkutta 1879.

verglich diese Aufnahmen mit den seinigen, welche er nach europäischen Präparaten hergestellt hatte, und sah sofort, dass die angebliche grössere Dicke der indischen Exemplare lediglich Kunstprodukt ist, hervorgerufen durch Beleuchtung mit zu schmalem Lichtkegel. Die hierbei auftretenden Interferenzsäume, welche Lewis mitgemessen hatte, verbreitern den Leib der Spirille nicht unerheblich. Hiermit war diese Streitfrage aus der Welt geschafft.

Drei Umstände erleichterten es Koch, die Mikrophotographie auf eine hohe Stufe der Bedeutung zu erheben: Die wesentliche Verbesserung des mikrophotographischen Apparats durch Fritsch, die photographischen, von Fokusdifferenz freien Objektive von Seibert und Krafft und die Vervollkommnung des Lichtdruckverfahrens, welche die Herstellung brauchbarer, die Einzelheiten des Negativs korrekt wiedergebender Drucke gestattete.

Durch Einführung der hochempfindlichen Bromsilber-Trockenplatten gewann die Mikrophotographie wesentlich an Bedeutung. Das Photographiren war nunmehr kein Privilegium der Fachphotographen und einiger besonders begabter Laien. Jeder konnte ohne genauere Vorkenntnisse eine Platte belichten und entwickeln. So blieb es nicht aus, dass sich zahlreiche Gelehrte und Ungelehrte des Gegenstands bemächtigten, um auf diesem wenig betretenen Gebiete Lorbeeren einzuheimsen. Der Erfolg war denn auch ein grossartiger für den — Kameratischler; ungezählte ‚neue' Apparate schossen wie Pilze aus der Erde, aber die sehnlichst erwarteten Photogramme blieben aus. Man schrieb Bücher, erhob die Bedeutung der Mikrophotographie bis in den Himmel. Wer aber unbefangen die beigegebenen Probeaufnahmen durchmusterte, musste glauben, dass die Sache völlig bedeutungslos sei. Man wende nicht ein: erst durch die allerneuesten Verbesserungen der Objektive und durch die Einführung guter Lichtfilter und der Erythrosinplatte seien tadellose Resultate möglich geworden. Was sich mit den alten, unvollkommenen Hilfsmitteln leisten lässt, bewies Koch zur Genüge. Die Schuld lag einzig an den Menschen und nicht an den Hilfsmitteln.

Betrachten wir nunmehr, worin die Bedeutung der Mikrophotographie besteht.

Zeichnen ist nicht Jedermanns Sache; die tüchtigsten Forscher haben in diesem Punkte häufig das grösste Ungeschick. Ausserdem erfordert die sorgfältige Ausführung der Zeichnung mehr Zeit, als den meisten Mikroskopikern zur Verfügung steht. Die Zeichnung von Anderen fertigen zu lassen bleibt also der zumeist eingeschlagene

Weg. Nun weiss Jeder, dass die Auffassung eine sehr verschiedene sein kann. Die subjektive Auffassung des Zeichners ist ein Punkt, mit dem man unter allen Umständen zu rechnen hat. Hier liegt der Kern der Sache: Das Photogramm giebt den Gegenstand objektiv wieder. Wie sieht es aber bei näherer Betrachtung mit der vielgerühmten Objektivität aus? Vor allen Dingen bildet die lichtempfindliche Platte Alles, was nicht speciell zum Objekte gehört, mit erschreckender Objektivität ab, so die Verunreinigungen des Präparats und die Diffraktionssäume. Dazu kommen noch Reflexe, auf der Platte abgelagerte Staubpartikelchen, Plattenfehler, konzentrisch angeordnete kleine Kreise, welche den Newton'schen Farbenringen ähneln, und Gott weiss welche Zuthaten, die jede in ihrer Art der Naturwahrheit des Bildes empfindlichsten Abbruch thun.

Abgesehen von diesen Dingen zeichnet sich das Bild durch das Licht keineswegs so naturwahr, wie die meisten glauben. Bei zu langen oder zu kurzen Expositionen gehen Einzelheiten verloren, vielleicht diejenigen auf welche es hauptsächlich ankommt. Auch die Art der Entwicklung vermag gewaltige Abweichungen herbeizuführen. Wir greifen noch einmal auf das bereits angeführte Beispiel der Tunnelmembran im Corti'schen Organ zurück: Der Mikrophotograph beweist durch eine Aufnahme, dass die Membran vorhanden, ja dass im Querschnitt nicht eine einzige Faser sondern mehrere Fasern sichtbar werden. Er beweist durch eine andere Aufnahme nach demselben Gesichtsfelde desselben Präparats, dass die Membran nicht vorhanden ist; er hat sie absichtlich oder unabsichtlich im dicken Silberniederschlage verschwinden lassen.

Entsprechendes bewerkstelligt man bei Bakterienaufnahmen. Es ist ein Leichtes, vorhandene Geisselfäden zur Darstellung oder nicht zur Darstellung zu bringen. Da nämlich diese feinsten Gebilde den Farbstoff weniger intensiv aufnehmen, als die Körper der Bakterien, so vermögen sie auch nur einen schwächeren Eindruck auf der Platte zu hinterlassen, als letztere. Dieser Eindruck kann durch Ueberbelichtung oder Entwicklung völlig verwischt werden.

Auch lässt sich die Breite sehr feiner Striche im Negativ beliebig variiren, so dass in dieser Beziehung das Photogramm nicht als untrügliches Beweismittel gelten darf. Bei Unterexpositionen erscheinen die im Negativ hellen Linien breiter als bei richtiger oder zu langer Belichtung.

Grosse Unterschiede sind ferner beim Kopiren herbeizuführen. Dasselbe Negativ giebt verschiedene Abdrücke, je nachdem man hart

oder weich kopirende Papiere verwendet; dasselbe Chlorsilbergelatinepapier liefert verschiedene Resultate, wenn man mit alten oder frisch angesetzten Tonfixirbädern tont. Diese Dinge beweisen zur Genüge, dass der Mikrophotograph Mittel an der Hand hat, gewisse Einzelheiten im Bilde mehr oder minder deutlich hervortreten oder auch ganz verschwinden zu lassen. Das ist die Objektivität des Mikrophotogramms! Wir können behaupten, dass ein Lichtbild nur dann Anspruch auf Objektivität erheben darf, wenn dasselbe hergestellt ist, von einem ehrlichen, nach allen Regeln der Kunst arbeitenden und reichlich mit Geduld und Geschick begabten Mikrophotographen.

Wie steht es nun mit der Leistungsfähigkeit der Mikrophotographie? Sieht die lichtempfindliche Platte weniger als die Netzhaut des Auges, sieht sie mehr als letztere oder bestehen keine nennenswerthen Unterschiede? Diese Fragen lassen sich ohne Weiteres weder bejahend noch verneinend beantworten. Eins steht fest: Die Platte bleibt hinter dem Vermögen des Auges weit zurück, wenn ein Ungeschickter sie behandelt. Wir wollen also bei den folgenden Erwägungen voraussetzen, dass der Mikrophotograph sein Fach vollständig beherrscht.

Im dritten Abschnitt wurde erörtert, dass die Länge der Lichtwelle einen hervorragenden Einfluss auf die Beschaffenheit des Bildes ausübt. Je kürzer die Welle, um so feinere Einzelheiten werden noch objektähnlich abgebildet. Das Auge vermag aber Lichtwellen, deren Länge unter einen bestimmten Werth sinkt, nicht mehr wahrzunehmen. Für die lichtempfindliche Platte ist diese Grenze weiter hinausgerückt; sie empfindet ultraviolette, dem Auge nicht wahrnehmbare Strahlen. Hierin ist die Silberschicht dem Auge überlegen; doch werden wir diese Ueberlegenheit erst dann in ihrem ganzen Umfange erkennen, wenn praktische Versuche mit ultravioletten Strahlen vorliegen.

Objektive mit 2,40 num. Apertur und ultraviolettes Licht zur Beleuchtung — da mögen noch ganz andere Dinge zum Vorschein kommen, als die Geisseln der Bakterien und die Perlen von Amphipleura pellucida!

Ob, wie behauptet wurde, die Platte dem Auge darin überlegen ist, dass erstere durch sehr intensives Licht nicht geblendet wird, lassen wir dahin gestellt sein. Der Umstand, dass die sehr intensiven Lichtarten: Sonnenlicht, elektrisches Bogenlicht und dergl., reich an kurzwelligen Strahlen sind, veranlasste die Auffassung, dass die hiermit erzielten günstigen Resultate der das Auge blendenden Intensität des Lichts zuzuschreiben sind. Bei zahllosen Versuchen konnten wir niemals einen Unterschied feststellen zwischen den mit intensivem Sonnen-

licht und schwachem Lampenlicht erhaltenen Bildern, vorausgesetzt natürlich, dass in beiden Fällen mit derselben Wellenlänge gearbeitet wurde.

Mit Recht sagt Koch [1], dass die Platte bei Wahrnehmung der feinsten Lichtunterschiede nicht ermüdet, während bei dem Auge sehr bald Ermüdung eintritt. Noch mehr als dies: Auch das nicht ermüdete Auge nimmt Helligkeitsdifferenzen nur dann wahr, wenn dieselben nicht unter eine gewisse Grenze herabsinken. Für die Silberschicht besteht ebenfalls eine Grenze, aber dieselbe liegt tiefer, als diejenige für die Netzhaut. Auf der Platte addiren sich die Lichteindrücke. Ausserdem hat man es in der Hand, die im Negativ an der Grenze der Wahrnehmbarkeit stehenden Helligkeitsunterschiede durch nachfolgende Verstärkung deutlicher sichtbar zu machen. Da sich diese Verstärkung auch noch auf das positive Glasbild ausdehnen lässt, so ist man in der That im Stande, Kontraste herbeizuführen, wo das Auge im Präparate solche nicht wahrnimmt. Verfasser hatte Gelegenheit, dies an einem lehrreichen Beispiele zu erfahren [2]: Es handelte sich um den Nachweis der Geisseln an den Kommabacillen der asiatischen Cholera. Alle Färbeversuche, welche diese Gebilde sichtbar machen sollten, schlugen fehl; aus diesem Grunde wurde der ehedem von Koch mit grossem Erfolge betretene Weg eingeschlagen: Das Photographiren der ungefärbten Bakterien. Schon war eine stattliche Reihe von Platten [3] erfolglos geopfert, als auf einem Negativ an einem kurzen, stark gekrümmten Bacillus eine feine, korkzieherartig gewundene Geissel erschien. Bei wiederholter Aufnahme desselben Gesichtsfelds in etwas anderer Ebene zeigte es sich, dass auch noch ein anderer Bacillus

---

[1]) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen Bd. II S. 408. Breslau 1877.

[2]) Neuhauss, R., Ueber die Geisseln an den Bacillen der asiatischen Cholera (Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde Band V, 1889, S. 81).

[3]) Löffler, (Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde Bd. VI, 1889, S. 218) irrt, wenn er annimmt, Verfasser hätte in einem nur wenige bewegliche Bacillen enthaltenden Präparate „in dem ersten besten, bei der starken Vergrösserung jedenfalls nur ein winziges Theilchen des Präparats darstellenden Gesichtsfelde gleich zwei Bacillen mit Geisseln durch die Photographie entdeckt". Es waren bereits zahlreiche Gesichtsfelder auf photographischem Wege durchgemustert, als die geisseltragenden Bacillen im Photogramm erschienen. Da es sich um eine mehrere Wochen alte Cholera-Kultur handelte, so hatte die Mehrzahl der Bacillen ihre Beweglichkeit eingebüsst, also auch wohl ihre Geisseln abgestossen.

Auf Wunsch stehen die diesbezüglichen Glasbilder zur Verfügung. Während auf dem Papierbilde die Geisseln nur mit Mühe zu erkennen sind, treten sie im Diapositiv deutlich hervor.

mit einer Geissel versehen war. Obgleich nunmehr durch das Photogramm die geisseltragenden Bacillen sich ermitteln liessen, so war es doch dem Auge nicht möglich, die Geisseln im Präparate wahrzunehmen; sie lagen für die Netzhaut jenseits der Grenze des Erkennungsvermögens. Einige Monate später gelang es Löffler, die Cholerageisseln durch geeignete Färbungsmethoden sichtbar zu machen.

Man hüte sich wohl, den soeben besprochenen Fall, in dem mehrere besonders günstige Momente zusammentrafen, zu verallgemeinern. Ganz irrig wäre die Auffassung, dass man bei geisseltragenden Bakterien, deren Geisseln bei der Okularbeobachtung nicht wahrgenommen werden, nur zum mikrophotographischen Apparat zu greifen braucht, um diese feinsten Gebilde zur Darstellung zu bringen. Wenn Koch sagt (Cohn S. 408), er habe mitunter auf dem Negativ, wofern das Bild nur scharf eingestellt gewesen war, feine Objekte, z. B. feinste Geisselfäden, gefunden, welche er nachträglich nur mit äusserster Mühe und unter den günstigsten Beobachtungsverhältnissen im Mikroskop erblickte, so machten grosssprecherische Nichtswisser daraus, man könne die Geisselfäden der Bakterien überhaupt nur durch die Photographie nachweisen. Die von Koch und Anderen photographirten, gefärbten und ungefärbten Geisselfäden lassen sich der Regel nach auch recht gut bei der Okularbeobachtung wahrnehmen. Freilich hat man es in der Gewalt, sie im negativen und positiven Bilde durch nachfolgende Verstärkung weit deutlicher sichtbar zu machen, als sie in Wirklichkeit sind.

Mit der Hilfe der Mikrophotographie ist man im Stande, verschiedene Objekte unmittelbar in Bezug auf Grösse, Form u. s. w. unter einander zu vergleichen. Von besonderer Wichtigkeit wird dies, wo es sich um Vergleichung der Grössenverhältnisse verschiedener Vegetationsformen desselben Mikroorganismus handelt. Cholera, Typhus, Milzbrand und viele andere Bacillen zeigen in ihrer Grösse die gewaltigsten Unterschiede. Um hiervon eine richtige Vorstellung zu gewinnen, müsste man so viele Mikroskope neben einander aufstellen, als verschiedene Präparate zu vergleichen sind; denn in der bei dem Auswechseln der Präparate und dem Aufsuchen des besten Gesichtsfelds verstreichenden Zeit blasst der Eindruck, welchen das vorher beobachtete Präparat bei dem Beschauer zurückliess, nicht unwesentlich ab. Sind Mikrophotogramme zur Stelle, so kann auch der mit dem Gebrauche des Mikroskops nicht Vertraute die Vergleichung vornehmen. Kommt es auf genauste Messungen an, so sind dieselben am Negativ oder Diapositiv auszuführen, da das Papierbild sich in den Bädern stark verzieht.

In Bezug auf den Werth der Mikrophotographie für forensische Fälle führte Jeserich auf der photographischen Jubiläumsausstellung zur Berlin (1889) ein Beispiel vor: In der Hand eines Ermordeten fanden sich einige Hare, die dem Mörder im Kampfe ausgerissen waren. Bei zwei der That Verdächtigen untersuchte man deshalb die Hare. Diejenigen des einen Verhafteten stimmten genau mit den bei der Leiche gefundenen Proben überein, was sich aus drei nach den Präparaten gefertigten Mikrophotogrammen auf's Deutlichste ergab. Wenn nun auch die Aussage des Sachverständigen genügt, um den Thatbestand festzustellen, so macht es auf Richter und Geschworene doch einen anderen Eindruck, wenn sie sich durch eigene Anschauung ein Urtheil bilden können. Mitunter mag es auch in der Gerichtspraxis von Wichtigkeit sein, nach leicht vergänglichen Präparaten Mikrophotogramme herzustellen, um besonders bei Meinungsverschiedenheiten verschiedener Sachverständiger das Beweismaterial jederzeit einer erneuten Prüfung unterziehen zu können. Allzu sanguinischen Hoffnungen darf man sich allerdings in diesem Punkte nicht hingeben; denn wenn die Dinge so verwickelt liegen, dass sich die Sachverständigen nicht einigen, so wird das Mikrophotogramm in den seltensten Fällen Aufklärung schaffen.

Die Bedeutung der Mikrophotographie wird ausser durch die bereits erwähnten Veröffentlichungen von Koch in das hellste Licht gesetzt durch den unter R. Koch's Aufsicht von Fraenkel und Pfeiffer herausgegebenen ‚Atlas der Bakterienkunde' (Berlin 1889/90). Nicht, als ob in demselben neue Wahrheiten über den Bau der Mikroorganismen verkündet würden; der Werth des ‚Atlas' beruht vielmehr auf der übersichtlichen Darstellung der verschiedenen Formen der Bakterien. Dem Bakterienforscher, welcher abgelegen wohnt von den grossen Centren des Verkehrs und der Wissenschaft, wird durch die nach musterhaften Präparaten hergestellten Aufnahmen ein Mittel in die Hand gegeben, seine eigenen Präparate auf ihren Werth oder Unwerth hin zu prüfen. Leider kann in Folge des hohen Preises der Lichtdrucke ein solches Werk nicht die allgemeine Verbreitung finden, die ihm gebührt. Die Bedeutung der Mikrophotographie wird daher erst dann ganz zur Geltung kommen, wenn es gelungen ist, ein Bild, ohne dass dasselbe an seinen Feinheiten die mindeste Einbusse erleidet, auf Zink oder irgend ein anderes, als Klischee verwendbares Material zu übertragen und hiernach mit Hilfe der Buchdruckerpresse im Text zu drucken.

3. Mikrophotogramme.

Im Folgenden wollen wir versuchen, einen Ueberblick über die in den letzten fünf Jahrzehnten hergestellten und weiteren Kreisen zugänglich gemachten Mikrophotogramme zu geben. Es handelt sich hierbei nicht darum, mangelhafte Leistungen der verdienten Vergessenheit zu entreissen oder Vortreffliches in das rechte Licht zu setzen. Auch erhebt die Aufzählung nicht den mindesten Anspruch auf Vollständigkeit; dieselbe soll nur zeigen, „dass überall die Menschen sich gequält, dass hie und da ein Glücklicher gewesen". Der Lernende soll durch die Besprechung der Bilder aufmerksam gemacht werden auf die seinen eigenen Erzeugnissen anhaftenden Mängel und ein Urtheil gewinnen über dasjenige, was bereits geleistet wurde und was noch zu leisten ist.

Die ersten brauchbaren Mikrophotogramme lieferte Donné in Paris, der schon im Jahre 1840 der Akademie Aufnahmen mehrerer naturgeschichtlicher Objekte und einiger histiologischer Präparate vorlegte, welche er mit dem Mikroskop auf Daguerreotyp-Platten gefertigt hatte. In Deutschland befasste sich der wiener Anatom Berres zuerst mit der Sache und bediente sich für seine Daguerreotypien des Sonnenmikroskops. Im Jahre 1845 veröffentlichte Donné in Verbindung mit Léon Foucault einen Atlas, der sich auf das Studium der Flüssigkeiten des Organismus bezog und dessen zahlreiche Abbildungen nach den mit Hilfe des Sonnenmikroskops gefertigten Daguerreotypien gestochen waren[1]. Nach dem Urtheile der Zeitgenossen war die Feinheit der Originalaufnahmen unübertrefflich. Da es kein Mittel gab, die Daguerreotypie direkt auf mechanischem Wege zu vervielfältigen, so sah man sich gezwungen, die Bilder durch den Stecher auf die Kupferplatte übertragen zu lassen.

Als das durch Fox Talbot eingeführte Verfahren die Möglichkeit bot, mit Negativpapier gefertigte Originalaufnahmen auf photographischem Wege zu vervielfältigen, benutzte man dies unverzüglich für die Mikrophotographie. Im Jahre 1847 legte Carpenter der Versammlung der British Association nach Talbot's Angaben hergestellte Kopien mikroskopischer Objekte vor. Da jedoch das grobe Korn des Papiers ein unübersteigliches Hindernis der getreuen Wiedergabe feinster Einzel-

---

[1]) Donné, A., et L. Foucault, Atlas du cours de microscopie exécuté d'après nature au microscope daguerréotype. Paris 1845.

heiten bildete, so fand Carpenter wenig Nachahmer. Nach Erfindung der Glasnegative mehrte sich die Zahl der brauchbaren Mikrophotogramme. Schon 1853, also zwei Jahre nach Einführung der Kollodiumplatten, sah Gerlach beim Apotheker Mayer in Frankfurt a./M. wohlgelungene Aufnahmen von mikroskopischen Versteinerungen aus dem Guano, und 1854 bei dem Optiker Nachet in Paris ausgezeichnet schöne, bei 300facher Vergrösserung gefertigte Bilder des Blutes verschiedener Thiere. Von nun an wurde die Mikrophotographie besonders auch in England und Amerika mit grossem Eifer betrieben und es zeichneten sich auf diesem Gebiete aus: Hodgson (1853), Shadbolt (1853), Kingsley (1853), Huxley und Wenham (1855). Im Jahre 1857 legten Pohl und Weselsky der wiener Akademie Mikrophotogramme vor, welche mit polarisirtem Licht aufgenommen waren. Um dieselbe Zeit unterbreitete Bertsch den pariser Akademikern seine Mikrophotogramme, welche er bald darauf in dem gross angelegten Werke: ‚Études d'histoire naturelle au microscope' veröffentlichte. Ein ganz ähnliches Werk, der ‚Atlas der allgemeinen, thierischen Gewebelehre' wurde 1861 herausgegeben von Dr. v. Hessling und Jul. Kollmann (Leipzig, Engelmann). Die Mikrophotogramme rühren von Jos. Albert in München her. Die Leistungen der photographischen Technik sind in dem französischen Werke bedeutender; dagegen wurden die Präparate in dem deutschen Werke sorgfältiger ausgewählt.

1861 erschien ferner das Album mikroskopisch-photographischer Darstellungen aus dem Gebiete der Zoologie von E. Heeger, worin Abbildungen von Insekten und Insektentheilen in geringerer Vergrösserung gegeben werden.

Auf den Tafeln im Lehrbuche der Mikrophotographie von Gerlach (1863) verdient die Auflösung der Flügelschuppe von Hipparchia Janira (Figur 2 auf Taf. I) Anerkennung, wenn man berücksichtigt, mit wie mangelhaften Hilfsmitteln dieselben hergestellt wurden. Die in 265facher Vergrösserung gefertigte Originalaufnahme zeigt die Querstreifung zwischen den Längsrippen in ausreichender Deutlichkeit. Noch besser treten die kleinen Streifchen hervor auf dem folgenden, nach einem vergrösserten Diapositiv kopirten Bilde. Hier liegt ein Fall vor, wo die nachträgliche Vergrösserung des Negativs thatsächlich Vortheil bringt, weil ein unbewaffnetes Auge die feinen Einzelheiten der Originalaufnahme nur mit Mühe erkennt und auch die Albuminkopie die zarten Striche des Negativs nicht mit hinreichender Klarheit wiedergiebt. Nun aber macht sich die Sucht, möglichst riesenhaft zu vergrössern, in nachtheiligster Weise bemerkbar: Figur 2 auf Tafel II zeigt dieselbe

Flügelschuppe nach einem abermals (auf 1460) vergrösserten Negativ. Eine schlechtere Empfehlung konnte Gerlach seinem Verfahren nicht geben. Das Bild ist von unangenehmster Härte und wird überhaupt nur verständlich, wenn man die schwächeren Vergrösserungen zum Vergleich heranzieht. Nicht viel besser steht es mit dem auf Tafel III dargestellten, quergestreiften Muskel des Frosches, bei dem die Vergrösserung nachträglich auf 1000 gesteigert wurde. Die am Rande der Muskelfäden sichtbare Knotenbildung (richtiger ausgedrückt, die weissen Klechse), auf die Gerlach besonderes Gewicht legt, und die er erst mit Hilfe der Vergrösserungsphotographie entdeckt haben will, sind Kunstprodukte. Helle und dunkle, in Wirklichkeit nicht vorhandene Streifen und Punkte erhält man häufig an den Theilen der Objekte, welche nicht genau in der Einstellebene liegen.

Auch irrt Gerlach, wenn er glaubt, durch vorliegendes Photogramm Verschiedenheiten in den molekularen Verhältnissen der Substanzen des Muskels nachweisen zu können. Die im Bilde stark ausgeprägten, bei der Okularbeobachtung weniger deutlich wahrnehmbaren Gegensätze zwischen Hell und Dunkel sind lediglich auf unzweckmässige Behandlung der Platte und nicht auf besonders bemerkenswerthe Unterschiede in der Absorption der durch das Präparat hindurchtretenden, chemisch wirksamen Strahlen zurückzuführen.

Die soeben besprochene Abbildung liefert ein lehrreiches Beispiel davon, wie vorsichtig man bei der Erklärung eines Mikrophotogramms sein muss, und wie man durch fehlerhafte Behandlung Dinge in das Bild hineinbringt, die im Präparate nicht vorhanden sind. Hier macht die vielbelobte Objektivität der Photographie gründlich Fiasko.

Von den übrigen im Gerlach'schen Werke veröffentlichten Probebildern (Mikrometermassstab $^{265}/_{1}$; Membrana choriocapillaris des menschlichen Auges $^{43}/_{1}$; Durchschnitt des Augapfels eines halbjährigen Kindes $^{2}/_{1}$) kann man nur sagen, dass mancher Mikrophotograph, der mit den heutigen vervollkommneten Hilfsmitteln arbeitet, froh wäre, wenn er diese Dinge ebenso gut zu Stande brächte.

Die 1865 erschienene, mit 16 mikrophotographischen Tafeln ausgestattete Arbeit von Dr. Helwig: ‚Das Mikroskop in der Toxikologie' ist eine schwache Leistung.

Ein glänzendes Zeugnis von dem Geschick des Verfertigers legen die Abbildungen in der Mikrophotographie von Moitessier (1866) ab. Figur 1 auf Tafel I zeigt im polarisirten Licht aufgenommene Stärkekörnchen der Kartoffel, bei denen in bester Weise die eigenartige Vertheilung von Hell und Dunkel zum Ausdruck kommt. Von den anderen

Bildern sei hervorgehoben: Harnsäure-Krystalle ($^{15}/_{1}$), Blutkörperchen vom Frosch ($^{350}/_{1}$), Kopflaus ($^{120}/_{1}$), Pleurosigma angulatum ($^{875}/_{1}$). Im Bilde dieser Diatomee erscheint nicht die bekannte sechseckige, sondern eine schachbrettartige Felderung. Leider wurde die Kopie durch nachträgliche Vergrösserung zu hart, so dass sich nicht mit Sicherheit entscheiden lässt, wie die Verhältnisse auf dem Originalnegativ liegen. Nach Schiff und Dippel erhält man bekanntlich Schachbrett-Felderung nur bei schiefer Beleuchtung und num. Apertur bis 1,10. Moitessier bediente sich zu dieser Aufnahme einer Wasserimmersion Nr. VII von Nachet.

Höchst bemerkenswerth ist die von Moitessier mit halber Blendung bei auffallendem Licht in 18facher Vergrösserung gefertigte, stereoskopische Aufnahme von Helix costata (Tafel III). Die kleine Schnecke macht bei Betrachtung im Stereoskop einen vortrefflich körperlichen Eindruck.

Benecke's Bearbeitung des Moitessier'schen Werkes (1868) enthält wohlgelungene Bilder verschiedener, histiologischer Präparate, z. B. Flächenansicht von der Rückseite der Iris eines weissen Kaninchens ($^{15}/_{1}$), Flächenschnitt der menschlichen Kopfhaut ($^{25}/_{1}$), Tracheenzweige der Raupe ($^{150}/_{1}$), quergestreiftes Muskelprimitivbündel aus dem Gastrocnemius des Frosches ($^{200}/_{1}$) u. s. w., ferner Photogramme von Pleurosigma balticum ($^{800}/_{1}$), attenuatum ($^{1000}/_{1}$) und angulatum ($^{2000}/_{1}$). Durch nachträgliche Vergrösserung des Originalnegativs ($^{500}/_{1}$) wurde Pleurosigma angulatum zu hart.

Das gleichfalls im Jahre 1868 erschienene Lehrbuch der mikroskopischen Photographie von Reichardt und Stürenburg bringt gute Aufnahmen eines Querschnitts durch Hippuris vulgaris ($^{12}/_{1}$) und von Tracheenzweigen der Seidenraupe ($^{42}/_{1}$), dann aber zwei überaus mangelhafte Photogramme von Pleurosigma angulatum. Die Originalaufnahme dieser Diatomee hat nur 175fache Linearvergrösserung. Man steigerte dieselbe bei dem einen Bilde auf 3600, bei dem anderen sogar auf 8750. Schwer begreiflich bleibt, dass die Verfasser so verwaschene Zeichnungen der Oeffentlichkeit zu übergeben wagten. Offenbar gewann die Sucht, mit möglichst hohen Zahlen zu glänzen die Oberhand über das gesunde Urtheil.

‚Die Skulptur der Diatomeen' von Dr. G. Fritsch und Otto Müller (Berlin 1870) enthält auf 12 Tafeln vortreffliche Abbildungen von Arachnodiscus, Triceratium, Navicula, Stauroneis, Pleurosigma, Grammatophora und Surirella. Besonders gelungen ist die Perlen-Auflösung von Grammatophora marina und Surirella gemma.

In den folgenden Jahren vervollständigten Fritch und Müller die Sammlung ihrer Diatomeen-Photogramme durch Aufnahme einzelner Kieselschalen und ganzer Gesichtsfelder ($^{150}/_{1}$) von Diatomeen-Erden aus den verschiedensten Welttheilen.

Als Beigabe zu der Abhandlung: ‚Ueber das stereoskopische Sehen im Mikroskop und die Herstellung stereoskopischer Mikrotypien' (1873) veröffentlichte G. Fritsch verschiedene stereoskopische Mikrophotogramme (Kopf einer Mücke; Querdurchschnitt des Frosch-Rückenmarks; Floh; Kieferfühler der männlichen Spinne), die er theils mit halber Blende, theils mit der stereoskopischen Wippe gefertigt hatte. Der körperliche Eindruck dieser Bilder ist beim Betrachten im Stereoskop ein überraschender, am wunderbarsten bei dem Rückenmarksquerschnitt, wo es den Anschein gewinnt, als könne man in das glasig durchsichtige Mark tief hineinblicken. Wundervoll plastisch erscheint hierbei das Netzwerk der injicirten Gefässe.

Gewiss lassen sich manche Streitfragen der Histiologie nur durch das stereoskopische Bild entscheiden. Um so bedauerlicher ist es, dass dieser Zweig der Mikrophotographie in neuerer Zeit gänzlich vernachlässigt wurde.

Das grösste Aufsehen erregten bei ihrem Erscheinen (1877) R. Koch's [1] Bakterienphotogramme. Während die bisher besprochenen Aufnahmen auf gesilbertem Albuminpapier kopirt waren, tritt uns hier der Lichtdruck [2] in seiner vollen Bedeutung vor Augen. Die Ausführung der Drucke ist eine mustergiltige; besonders überrascht die Feinheit, mit welcher die zartesten Gebilde, vor Allem die Geisseln wiedergegeben wurden. Nicht alle neueren Lichtdrucke können sich diesen Leistungen an die Seite stellen. Koch's Photogramme sind, was Klarheit und Schärfe anbelangt, trotz der verbesserten Hilfsmittel bis heute unübertroffen.

Einige Forscher glaubten an beweglichen Bakterien Geisselfäden wahrgenommen zu haben, Andere stellten dies in Abrede; Koch machte dem Streit ein Ende, indem er die Geisseln photographirte. Durch Aufnahme verschiedener Spirillenarten gab er fernerhin dem Forscher ein vortreffliches Vergleichsmaterial an die Hand. Endlich photographirte er nicht nur die abgestorbenen, gefärbten Bakterien, sondern auch die ungefärbten, auf ihren natürlichen Nährboden vegetirenden.

Durch vorliegende Bilder wurde zuerst bewiesen, dass, entgegen

---

[1]) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen II. Band Tafel 14-16. Breslau 1877.

[2]) Hergestellt in der Lichtdruck-Anstalt von Römmler & Jonas zu Dresden.

der bis dahin giltigen Anschauung, gefärbte Mikroorganismen sich am Besten aufnehmen lassen, wenn der einfallende Lichtkegel ein möglichst breiter ist.

Vier Jahre später (1881) lieferte Koch im ersten Bande der ‚Mittheilungen aus dem Reichs-Gesundheitsamt' als hoch bedeutsamen Nachtrag zu seinen ersten Arbeiten 14 Tafeln mit 84 in jeder Beziehung mustergiltigen Bakterien-Photogrammen nach Schnitten, Blutpräparaten u. s. w. Den Lichtdruck führte wiederum Römmler & Jonas aus.

Das Jahr 1878 brachte A. de Bary's mikroskopische Photogramme nach botanischen Präparaten. Ein Jahr später fanden im 62. Bande der Kaiserlich-Leopoldinisch-Karolinischen deutschen Akademie der Naturforscher (Halle 1879) gelegentlich einer Arbeit von Kupffer und Benecke über die Entwicklungsgeschichte der Vögel 90 mikrophotographische Aufnahmen ihren Platz (Lichtdrucke von R. Prager).

C. Günther (Berlin) veröffentlichte 1880 seine grossen Aufnahmen von Pleurosigma angulatum, von denen die eine in 2000facher, die andere in 5900facher direkter Vergrösserung hergestellt ist. Günther benutzte eine Wasserimmersion Nr. VII von Gundlach in Verbindung mit der achromatischen Konkavlinse (Woodward's Amplifier). Trotz der Konkavlinse war für die zweite Aufnahme ein Plattenabstand von 3 m erforderlich. Die Auflösung ist der Hauptsache nach diejenige in Perlen.

Im ‚Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie' (Band XII, 1880) bringt Letzerich einige vom Pfarrer Thelen in Hagen aufgenommene Mikrophotogramme angeblicher Plasmazellen und Plasmakugeln. Nach Koch sind diese Gebilde gewöhnliche heranwachsende Mikrokokken-Kolonien, die sich in Hausenblasen-Gallerte befinden, also längere Zeit in geschlossener Masse bleiben, als wenn sie in einer Flüssigkeit lebten.

Man sollte meinen, dass die Photogramme von Koch den Mikrophotographen als Massstab für ihre eigenen Leistungen dienen und ausschlaggebend bei Beantwortung der Frage sein mussten, ob Bilder reif zur Veröffentlichung sind, oder nicht. Dass dies sich nicht so verhält, beweisen die 1881 erschienenen Zürn'schen Photogramme angeblicher Milzbrandbacillen [1], welche auch nicht den allerbescheidensten Anforderungen genügen Dieselben leiden an fast allen Fehlern, welche bei Mikrophotogrammen vorkommen können; sie entbehren jeder Schärfe, sind grösstentheils nicht einmal richtig eingestellt, haben ausgeprägte Interferenzlinien und wurden überdies retuschirt.

[1]) Separat-Abdruck aus dem ersten Bericht des landwirthschaftlichen Instituts der Universität Leipzig (1881).

1882 erschien Stein's Werk über die menschlichen Parasiten (Lahr, Schauenburg), mit 115 theils von Stein theils von Grimm hergestellten Mikrophotogrammen.

Der Hofphotograph J. Grimm in Offenburg lieferte die mikrophotographischen Aufnahmen für mehrere wissenschaftliche Arbeiten, unter denen wir folgende namhaft machen:

1. Prof. Tschermack (Wien), die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten. Mit 8 photographischen Tafeln. 1883-1885.

2. Dr. Wolff (Strassburg), Die pflanzlichen Parasiten der Haut.

3. Prof. Kollmann (Basel), Atlas der Zahnentwicklung.

4. Prof. E. Cohen (Strassburg), Sammlung von Mikrophotographien zur Veranschaulichung der mikroskopischen Struktur der Mineralien und Gesteine. 80 Tafeln mit 320 Mikrophotogrammen (1884). — Die Abbildungen zeigen die wichtigsten Erscheinungen, welche Mineralien und Gesteine unter dem Mikroskop darbieten, z. B. charakteristische Krystall-Durchschnitte, Mikrolithe, Einschlüsse, Schlagfiguren, Zwillingsbildungen, Aetzfiguren, mikrochemische Reaktionen, Kieselfluorverbindungen u. s. w.

5. Prof. Waldeyer (Strassburg), Atlas der menschlichen und thierischen Haare. Lichtdrucke von Moritz Schauenburg, Lahr, 1884. Die Aufnahmen sind durchweg tadellos, wobei allerdings nicht ausser Acht zu lassen ist, dass es sich ausschliesslich um schwache Objektivvergrösserungen handelt.

6. Prof. Birnbaum (Karlsruhe), Atlas von Photographien mikroskopischer Präparate der reinen und gefälschten Nahrungsmittel, 1886.

Seinem Werke ‚Das Mikroskop und die mikrographische Technik' (1884) giebt Stein vier Lichtdrucktafeln mit Mikrophotogrammen bei, unter denen besonders zwei aus dem Jahre 1860 stammende, vom Apotheker Mayer in Frankfurt a. M. hergestellte Aufnahmen von Pleurosigma angulatum ($^{700}/_{1}$) und Pleurosigma attenuatum ($^{650}/_{1}$) unsere Aufmerksamkeit fesseln. Die Bilder beweisen, dass Mayer trotz seiner mangelhaften Hilfsmittel ein vollendeter Künstler auf dem Gebiete der Mikrophotographie war. Auf den übrigen Tafeln veröffentlicht Stein ausser eigenen Aufnahmen auch solche von Woodward in Washington (Pleurosigma angulatum $^{2000}/_{1}$, Pleurosigma formosum $^{3000}/_{1}$) und Jul. Grimm in Offenburg. Unter letzteren setzt der ‚Auswurf mit Tuberkel-Bacillen' (Figur 5 auf Tafel V) jeden Kenner in Staunen. Man sieht nämlich sofort, dass die hier dargestellten angeblichen Bacillen das Produkt einer mit Bleistift und Pinsel ausgeführten Retusche sind. Hätte Grimm die geringsten bakteriologischen Kenntnisse, so würde er

die in Wirklichkeit zarten Stäbchen gewiss etwas feiner und nicht so grob wie Dreschflegel gezeichnet haben. Stein bemert im erklärenden Texte: „Besonders sind die kokkenhaltigen Bacillen im Centrum des Sehfeldes bemerkenswerth"! Ein anderes, ebenfalls von Grimm geliefertes Mikrophotogramm ‚Mit Milzbrandbakterien durchsetztes Blut' (Figur 4 auf Tafel V) ist unscharf und zeigt starke Diffraktionssäume. Grimm ist demnach starken Objektivvergrösserungen nicht gewachsen.

Zu den völlig verfehlten Arbeiten zählt der Atlas der Pflanzenkrankheiten von Dr. Zimmermann, mit photographischen Aufnahmen von Otto Wigand in Zeitz (Halle 1885). Der Herausgeber beabsichtigte, ein Werk zu bringen, in welchen die erkrankten Pflanzen makroskopisch und neben denselben Mikrophotogramme der Krankheitserreger dargestellt sind. Gewiss ein äusserst fruchtbarer Gedanke! Weshalb überträgt man aber die Ausführung einem Photographen, der bisher nur durch seine Photogramme nach Zeichnungen sich bemerkbar gemacht hat? Wigand verfuhr bei Herstellung der Mehrzahl vorliegender Mikrophotogramme offenbar folgendermassen: Er fertigte ein mikrophotographisches Negativ, verbesserte in der Kopie die Unvollkommenheiten mit Feder und Pinsel und machte nach diesem Kunstprodukt ein zweites, für den Lichtdruck bestimmtes Negativ. Da der Verfertiger ein nicht ungeschickter Zeichner ist, so gehört ein sachkundiges Auge dazu, um dies zu erkennen. Bei einzelnen Abbildungen, welche ein Präparat zuerst in schwacher, dann in stärkerer Vergrösserung darstellen, zeigen sich wesentliche Abweichungen, obgleich die verschiedenen Aufnahmen von derselben Stelle des Präparats gefertigt wurden.

In Virchow's Archiv (Band CVI, 1886) veröffentlichte O. Israel einige Versuche mit ungefärbten, in flüssigen Medien eingebetteten Objekten.

Die ersten gut gelungenen mikrophotographischen Lösungen der Querstreifen von Amphipleura pellucida rühren von dem Amerikaner Woodward her. van Heurck war der Erste, welcher Längs- und Querstreifung dieser Diatomee zur Lösung brachte (1886). Bei verschiedenen Bildern dieses Autors, die uns zu Gesicht kamen, hatte man die Umgebung der Kieselschale bis an den Rand der letzteren abgedeckt. In Folge dessen ist es unmöglich zu entscheiden, wie viel von der im Bilde vorhandenen Längsstreifung auf Rechnung der Diffraktionslinien zu setzen ist. Bekanntlich fertigt van Heurck ganz kleine Originalaufnahmen und vergrössert dieselben nachträglich. Die Endresultate können uns nicht davon überzeugen, dass dies Verfahren

gegenüber dem gewöhnlichen irgendwelche Vortheile bietet. Man möchte vielmehr glauben, dass die Bilder einen noch besseren Eindruck machen würden, wäre das Originalnegativ sogleich in der endgiltig gewünschten Vergrösserung hergestellt.

1886 erschien das mit zahlreichen Mikrophotogrammen ausgestattete Werk von Troup über den Auswurf[1].

26 Mikrophotogramme der asiatischen Cholera bringt die Arbeit von E. van Ermengem: ‚Recherches sur le microbe du Choléra asiatique'.

Vortreffliche, durch Koch und Plagge gefertigte, Aufnahmen von Cholera-Bakterien enthält ferner das Buch von Riedel ‚Die Cholera' (Berlin 1887, Enslin).

Zu den erbärmlichsten Machwerken auf den Gebiete der Mikrophotographie gehören Stenglein's ‚Mikrophotogramme zum Studium der angewandten Naturwissenschaften' (Berlin 1886, Parey). Stenglein gehört zu den wenigen Mikrophotographen, welche es fertig brachten, selbst bei schwacher Objektivvergrösserung ganz Ungenügendes zu leisten. Die Blätter enthalten eine Musterkarte aller möglichen Fehler, welche der Mikrophotograph begehen kann: Unscharfe Umrisse, Diffraktionslinien, Flecke u. s. w. Trotz des umfangreichen Registers der in Aussicht genommenen Aufnahmen gedieh das Werk nicht über die erste Lieferung hinaus. Derartige Stümpereien schaden der Mikrophotographie auf's Empfindlichste. Seit Jahren erstrebt man Ersetzung der Zeichnungen in bakteriologischen und histiologischen Werken durch Mikrophotogramme; die Stenglein'schen Bilder werden nur dazu beitragen, Autoren und Verleger von einer Aenderung des bisherigen Illustrationsverfahrens abzuhalten. Die Sache gewinnt besondere Bedeutung dadurch, dass sich Stenglein für berechtigt hielt, die Welt mit einem ‚Lehrbuch' (sit venia verbo) der Mikrophotographie zu beschenken (1887). Die letzterem beigegebenen Probe-Lichtdrucke (Cholera nostras und Tuberkel-Bacillen $^{700}/_{1}$), liess Stenglein nach Negativen fertigen, welche Verfasser dieser Zeilen mehrere Jahre früher aufgenommen und aus der grossen Zahl seiner Negative als unbrauchbar ausgemerzt hatte. Die Angaben über Herstellungsart, welche Stenglein unter die Lichtdrucke setzt, sind völlig unzutreffend.

Der mehrfach angeführte Special-Katalog von Zeiss (1888) enthält wohlgelungene Photogramme von Insekten, histiologischen Präparaten und Diatomeen (Pleurosigma angulatum und Amphipleura pel-

[1]) Troup, Sputum its microscopy and diagnostic and prognostic significations, illustrated with numerous photo-micrographic plates and chromolithographs. Edingburgh 1886.

lucida). Interessant ist besonders die bei verschiedenartiger Beleuchtung sehr verschiedene Zeichnung von Pleurosigma.

Unter den Photogrammen, welche Jeserich seiner ‚Mikrophotophie' (1888) beigiebt, befinden sich einige botanische, mit schwachen Objektiven gefertigte Bilder. Die Bakterienphotogramme (Milzbrand und Spaltpilze aus dem Wein) sind unscharf.

In der österreichischen Monatsschrift für Thierheilkunde (Wien 1888, Nr. 6) unternimmt Prof. Kitt einen dankenswerthen Versuch mit der Wiedergabe seiner vortrefflichen mikrophotographischen Bakterien-Aufnahmen (Milzbrand, Geflügelcholera und Rinderseuche) durch ein billiges Reproduktionsverfahren, die Autotypie. Wenn auch die Schönheit der Bilder durch die, diesem Verfahren anhaftenden Mängel wesentlich leidet, so wird der dargestellte Gegenstand durch die Zinkätzung doch naturwahrer wiedergegeben, als durch die Zeichnung. In der ‚Encyclopaedie der gesammten Thierheilkunde' S. 463 (Wien 1889) veröffentlicht Kitt noch andere, nach derselben Methode ausgeführte Aufnahmen: Inhalt eines Miescher'schen Schlauches, Tuberkel vom Rind, Tuberkel mit centraler Verkäsung und Oedembacillen. Eine grössere Anzahl weiterer Photogramme findet sich in dem Buche von Kitt: ‚Bakteriologische und pathologisch-histiologische Uebungen' (Wien, Perles).

Dr. Günther brachte eine grössere Reihe von Bakterienaufnahmen, besonders nach Schnittpräparaten, durch das Institut für Mikroskopie von König in den Handel.

In seinem glänzend ausgestatteten Specialwerk: ‚Photography of bacteria' (London 1888) veröffentlicht Crookshank 86 Photogramme der verschiedensten Bakterienarten, die theils nach Deckglas-, theils nach Schnittpräparaten aufgenommen sind. Viele der Bilder wurden je nach Färbung des Präparats mit blauer, violetter, brauner oder rother Farbe gedruckt. Hoffentlich findet diese Spielerei wenigstens in Deutschland keine Nachahmung. Das Buntfärben der Bakterien ist ein Nothbehelf, da Schwarzfärbung nicht in allen Fällen gelingt. Bei Lichtdrucken die natürlichen Vortheile der schwarzen Farbe aufzugeben ist um so weniger empfehlenswerth, als hier der Umstand störend wirkt, dass nicht nur die Bacillen, sondern auch der Untergrund Farbe annehmen, und daher keineswegs der Eindruck eines gut gefärbten Bacillenpräparats entsteht. Sieht man von dem äusseren Blendwerk ab und betrachtet die Einzelheiten genauer, so ergiebt sich, dass Crookshank's Photogramme hinter denen, welche Koch mehr als 10 Jahre früher veröffentlichte, weit zurückstehen. Anstatt die Ob-

jekte in 700-1000facher Vergrösserung zu geben, welche zum klaren Erkennen der Einzelheiten in allen Fällen ausreicht, zieht Crookshank seine Bakterien bis auf 2500 und 3000 in die Länge. Gleich auf der ersten Tafel wird ohne die beigedruckte Bescheinigung Niemand die unförmigen rothen Klechse für Mikrokokken halten. Leidlich scharf sind nur die allerleichtesten Objekte, wie Anthrax, Bacillus alvei, Spirillum tenue u. s. w. Bei schwierigen Sachen, wie z. B. bei sporenhaltigen Tuberkelbacillen, versagen dem Autor die Kräfte gänzlich. Die verderbliche Wirkung des Kolorirens und der Uebervergrösserung wird in klarster Weise dadurch veranschaulicht, dass Crookshank die auf den ersten 18 Tafeln enthaltenen Objekte auf den letzten 4 Tafeln noch einmal mit Schwarzdruck in 400-600facher Vergrösserung wiedergiebt. Hier erscheint mancher Mikroorganismus verhältnissmässig deutlich, welcher in der stärkeren Vergrösserung unscharf ist.

Das Werk von A. Truan und O. N. Witt: Die Diatomeen der Polycystinenkreide von Jérémie [Hayti] (Berlin 1888) enthält auf 7 Tafeln 144 wohlgelungene Abbildungen. Die ursprünglichen, in 550facher Vergrösserung gefertigten Aufnahmen wurden durch den Lichtdruck auf zwei Drittel der Originalgrösse verkleinert. In demselben Jahre erschien der ‚Atlas der Holzstruktur, dargestellt in Mikrophotographien' von N. J. C. Müller (Halle 1888).

Max Hauer, Apotheker in Oberhausen bei Augsburg, veröffentlichte einen pflanzenanatomischen Atlas zum Unterricht in der Pharmakognosie. Die Bilder sind in sehr grossem Format hergestellt, doch handelt es sich hier nicht um starke Objektivvergrösserung, denn die Aufnahmen geschahen mit verhältnissmässig schwachen Objektiven, und die Grösse wurde erzielt durch eine lange Kamera oder durch nachträgliche Vergrösserung der Negative. Sollen derartige Bilder den Wettbewerb mit guten, für den Unterricht völlig ausreichenden Zeichnungen aushalten, so müsste vor allen Dingen ihre Schärfe und Deutlichkeit eine grössere sein. Auf den Photogrammen machen sich Diffraktionslinien, welche alle möglichen, in Natur nicht vorhandenen Zeichnungen vortäuschen, in unangenehmster Weise bemerkbar.

In neuster Zeit fertigten Burstert und Fürstenberg in Berlin zahlreiche Aufnahmen nach zoologischen und botanischen Objekten. Dieselben sind wohlgelungen. Sie sollen hauptsächlich dem Unterrichte dienen.

Ein Werk von hervorragender Bedeutung ist der ‚mikrophotographische Atlas der Bakterienkunde' von Fraenkel und Pfeiffer (Berlin 1889-90). Die unter Koch's Leitung arbeitenden Verfasser

geben in demselben einen Ueberblick über die wichtigsten bis jetzt bekannten Formen der Bakterien. Man beschränkte sich nicht darauf, gefärbte und ungefärbte Deckglas-Präparate und Schnitte in verschiedenen Vergrösserungen zu photographiren; es werden auch Reagenzglas- und Plattenkulturen in natürlicher Grösse und schwachen Vergrösserungen vorgeführt. Die Schärfe der mit den besten Zeiss'schen Apochromaten, mit dem grossen Zeiss'schen Apparat und mit Sonnenlicht oder Zirkonlicht hergestellten Bilder ist eine musterhafte. Ein solches Werk gelingt nur dort, wo viele ungewöhnlich günstige Momente zusammentreffen: Die vollkommensten technischen Hilfsmittel, ausreichende Musse für die zeitraubenden Arbeiten, der kritische Blick des Altmeisters der Mikrophotographie und Bakterienkunde, und vor allen Dingen eine Präparat-Sammlung, wie sie einzig in der Welt dasteht. Die Ausführung der Glanz-Lichtdrucke geschah durch die Anstalt von J. B. Obernetter in München, deren Leistungen als die vorzüglichsten — freilich auch als die theuersten — auf diesem Gebiete bekannt sind.

Ueber die Amphipleura pellucida ($^{1000}/_{1}$), mit welcher die Reihe der Photogramme anhebt, dürften die Meinungen sich theilen. Die Auflösung in Perlen ist scheinbar eine vollkommene; doch prägen sich die auch ausserhalb der Diatomee auftretenden Diffraktionslinien in so starker Weise aus, dass die Entscheidung darüber, was innerhalb der Kieselschale diesen Linien und was der in Wirklichkeit vorhandenen Längsstreifung angehört, zur Unmöglichkeit wird. Unter den Bakterienphotogrammen sei besonders auf diejenigen hingewiesen, welche nach gefärbten und ungefärbten Präparaten die feinen Geisseln zur Darstellung bringen. Manche Mikroorganismen zeigen nur eine Geissel an einem Ende, andere dagegen eine solche an beiden Enden, wieder andere, wie die Typhus- und typhusähnlichen Bacillen, ganze Büschel von Geisseln an den Längsseiten.

In das hellste Licht wird die Bedeutung der Mikrophotographie gesetzt durch die Bakterienphotogramme von Prof. Löffler. Bekanntlich gelang es Löffler, die bis dahin höchst mangelhaften Methoden der Geisselfärbung derart zu verbessern, dass man ohne besondere Mühe diese feinsten Gebilde, wo solche überhaupt vorhanden, zur Anschauung bringen kann. Seinen Veröffentlichungen hierüber [1] fügt Löffler 4 Tafeln mit 16 Mikrophotogrammen bei, auf welchen die

[1]) Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde Bd. VI, 1889, Nr. 8 und 9; Bd. VII, 1890, Nr. 20.

Geisseln der verschiedensten Bacillen und Spirillen in klarster Weise dargestellt sind. Spirillum undula besitzt ganze Büschel von Geisseln an beiden Enden. Von verschiedenen Seiten wurde bemängelt, dass die hier abgebildeten, geisseltragenden Cholerabacterien ungewöhnlich dick und plump erscheinen und an das gewohnte Bild der zarten Kommabakterien nicht erinnern. Dies findet seine natürliche Erklärung darin, dass bei der Löffler'schen Färbungsmethode auch die Schleimhülle der Bakterien Farbstoff annimmt, welche bei der gewöhnlichen Anilinfärbung ungefärbt bleibt. Höchst bemerkenswerth sind die Monaden mit gefiederten Geisseln, ferner die Haarzöpfe an den Rauschbrandbacillen. Bei den Typhusbacillen hat die Natur Bewegungsorgane verschwendet: man zählt z. B. auf vorliegendem Photogramm an einem einzigen kurzen Stäbchen nicht weniger als 14 Geisseln.

Verfasser veröffentlichte bei Klönne und Müller in Berlin (Luisen-Strasse 49) eine grössere Reihe von Photogrammen nach bakteriologischen, histiologischen und Diatomeen-Präparaten. Zu letzteren gehören Bilder von Amphipleura pellucida und Nitzschia obtusa. Die histiologischen beziehen sich vorwiegend auf das Corti'sche (Gehör-) Organ, welches in 7 verschiedenen Aufnahmen nach den vortrefflichen Präparaten von Dr. Katz dargestellt ist. Bei den Bakterienphotogrammen wurde darauf Bedacht genommen, nicht nur Beispiele verschiedener Arten, sondern auch die mannigfachen Formen derselben Art zur Anschauung zu bringen. Cholera asiatica ist durch 5 Photogramme vertreten: 1) die zarte Kommaform nach der alten Färbungsmethode; 2) Geisselfärbung nach Löffler'scher Methode; 3) Spirillenbildung in alter Fleischbrühe-Kultur (Aufnahme nach einem ungefärbten, in Fleischbrühe eingebetteten Präparat); 4) derselbe Gegenstand nach einem schwarz gefärbten Präparat; 5) sehr lange Spirillen in alter Gelatine-Kultur. Betrachtet man diese Aufnahmen neben einander, so erscheint es kaum glaublich, dass sie demselben Mikroorganismus angehören. Ein gleiches Verfahren wurde bei dem Typhus-Bacillus eingeschlagen: geisseltragende und nicht geisseltragende Stäbchen und Fäden kamen zur Darstellung. Von den übrigen Photogrammen sind namhaft zu machen: Spirillen mit Geisseln an beiden Enden, Vibrio spermatozoides (Löffler) mit langen, peitschenförmigen Anhängseln, Tripper-Eiter mit Gonokokken, Sputum mit Tuberkel-Bacillen, Tuberkelbacillen-Reinkultur, Lepra-Bacillen (nach einem Präparat von Dr. Arning in Honolulu), Bacillus phosphorescens (Meeresleuchten), Milzbrand, Bacillus subtilis, Recurrens-Spirillen, Spirillum denticola, Tetanus-Bacillen u. s. w.

Vorstehendes Verzeichnis wird dem Anfänger zeigen, wo er seine eigenen Aufnahmen mit denjenigen Anderer vergleichen kann. Ein solcher Vergleich erweist sich unter allen Umständen als nothwendig. Manches Photogramm wäre unveröffentlicht geblieben, hätte sein Verfertiger sich bei Zeiten unter dem vorhandenen Material umgesehen. Selbstüberschätzung, der schlimmste Feind des Mikrophotographen, lässt sich nur durch vorurtheilsfreie Vergleichung der eigenen Leistungen mit denjenigen Anderer bekämpfen.

Nachdem über die veröffentlichten Mikrophotogramme gesprochen ist, mögen noch einige Worte über die nicht veröffentlichten folgen: Wir meinen Aufnahmen nach Verfahren, über welche die Autoren sich lang und breit ausgelassen haben, ohne ihre praktischen Ergebnisse der Oeffentlichkeit zu zeigen. Wenn z. B. Stenglein behauptet, er habe Momentaufnahmen beweglicher Mikroorganismen gefertigt, so fragt Jeder: „Warum werden diese hochinteressanten Resultate, die einen bestimmenden Einfluss auf die Forschung ausüben müssen, nicht weiteren Kreisen zugänglich gemacht?“ Dasselbe lässt sich sagen über Capranica's Serien-Momentbilder und seine Aufnahmen verschiedener Ebenen desselben Objekts auf derselben Platte. Wenn später ein tüchtiger Mikrophotograph kommt, der thatsächlich zu Stande bringt, was die Anderen angeblich leisteten, so wird man ihm vorhalten: Das sind längst bekannte Dinge.

Für die Mikrophotographie wäre es von erheblichstem Vortheil, wenn es sich als Regel einbürgerte, dass Jeder, der über neue mikrophotographische Verfahren schreibt, auch gehalten sein muss, nach diesem Verfahren gefertigte Probephotogramme seinen Lesern vorzuführen. Mögen die hierbei an die Bilder zu stellenden Anforderungen noch so geringe sein — Niemand verlangt, dass etwas Neues von Anfang an vollendet ist, — so soll der Autor doch zeigen, dass ein Körnchen Wahrheit in seinen Behauptungen steckt. Ein Befolgen der angedeuteten Regel würde unsere Literatur vor manchem unnöthigen Ballast bewahren.

Die Zukunft der Mikrophotographie hängt ab von dem ernsten Streben aller betheiligten Kreise. Nicht neue, kostspielige Apparate, nicht komplicirte Methoden bringen die Mikrophotographie auf einen grünen Zweig, sondern Fleiss, Ausdauer und gewissenhafte Prüfung der gewonnenen Ergebnisse. Jedem Jünger unserer Kunst sei es zur Pflicht gemacht, nicht zu ruhen, bevor er sich nicht die nöthige Fertigkeit aneignete, um in allen möglichen Vergrösserungen gute Negative herstellen und auftretende Fehler richtig beurtheilen zu können. Er

darf sich nicht für einen grossen Künstler halten, wenn er einige leidlich scharfe Photogramme bei schwacher Objektivvergrösserung zu Wege brachte. Mit schwachen Systemen fertigte man schon vor 30 Jahren vortreffliche Bilder, trotz der damals überaus mangelhaften Hilfsmittel. Heutigen Tags geben nur die mit starken und stärksten Objektiven hergestellten Aufnahmen einen Massstab für die Leistungsfähigkeit. Wer den Ehrgeiz hat, sich durch besondere Leistungen über seine Fachgenossen erheben zu wollen, findet auf verschiedenen Gebieten ein reiches Feld seiner Thätigkeit, z. B. in der Herstellung von Momentbildern, von stereoskopischen Photogrammen, von Aufnahmen bei Beleuchtung mit sehr kurzwelligem Licht u. s. w. Doch wage sich Niemand an diese Aufgaben heran, der nicht die mikrophotographische Technik bis in's Kleinste beherrscht.

Nachtrag.

Aufnahmen mit Blitzlicht.

Angeregt durch die nicht ungünstigen Resultate, welche sowohl H. C. J. Duncker als auch Dr. F. Röhmann und Dr. E. Galewsky mit Blitzlicht-Aufnahmen erzielt hatten[1], unterzog Verfasser nach Beendigung der Drucklegung dieses Buches das Blitzlicht einer nochmaligen genauen Prüfung und konnte dabei feststellen, dass die auf Seite 90 gegen dies Licht geltend gemachten Bedenken für gut korrigirte Systeme nicht stichhaltig sind. Nur bei schlecht verbesserten Objektiven, bei denen das von der Randzone gelieferte Bild das Bild der mittleren Zone nicht genau deckt, wandert mit dem Wandern der Flamme auch das Bild auf der Visirscheibe.

Bei Verwendung gut korrigirter Systeme erhält man mit Blitzlicht unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmassregeln auch ohne matte Scheibe völlig scharfe Bilder. Am zweckmässigsten verfährt man hierbei folgendermassen: Bei Beleuchtung des Objekts mit dem Kondensor

[1]) Die Aufnahmen waren ausgestellt auf der mit dem 10ten internationalen, medizinischen Kongress verbundenen Ausstellung zu Berlin (August 1890). Besonderes Interesse erweckten einige von Duncker gefertigte Momentbilder lebender Infusorien.

wird in Nähe desselben auf der optischen Bank eine so grosse Blende aufgestellt, dass das durch den Kondensor in die Objektebene projicirte Bild dieser Blende das aufzunehmende Gesichtsfeld nicht ganz ausfüllt. Der Kondensor ist so zu stellen, dass der Blendensaum scharf im Mikroskop erscheint. Hinter der Blende steht während des Einstellens eine Gas- oder Petroleumflamme, welche zum Zwecke der Exposition mit der das Blitzpulver enthaltenden Schale vertauscht wird. Darauf nähert man die Blende um anderthalb bis zwei cm dem Objekttische und rückt den Behälter mit dem Blitzpulver genau an den ursprünglichen Platz der Blende, damit das Flammenbildchen scharf im Gesichtsfeld erscheint. Beleuchtet man nur mit der Sammellinse, so ist der Platz der für die Einstellung dienenden Gas- oder Petroleumflamme ebenfalls durch eine Blende zu markiren, damit das hinter dieser Blende losgebrannte Blitzlicht eine Erleuchtung des Gesichtsfeldes herbeiführt. In jedem Falle gebe man sorgfältig darauf Acht, dass nur durch die Blendenöffnung Licht auf die Beleuchtungslinsen fällt.

Wegen des grossen Reichthums des Magnesiumslichts an ultravioletten Strahlen, welche selbst bei Aufnahme mit bestkorrigirten Apochromaten in Folge von Fokusdifferenz Unschärfe herbeiführen würden, ist man gezwungen Lichtfilter anzuwenden, welche die ultravioletten Strahlen absorbiren. Dies wird nach Miethe's neusten Untersuchungen [1] am vollkommensten erreicht durch Vorsetzen einer Aesculin- und Fluoresceïn-Lösung. Beide Lösungen sind in gesonderte Küvetten zu füllen, da sie gemischt sich schnell zersetzen. Statt der Küvetten kann man auch Glasplatten verwenden, welche mit einer Aesculin und Fluoresceïn haltigen Gelatine übergossen sind. Die Herstellung dieser Platten geschieht folgendermassen: Man löst 2 g Gelatine in 15 ccm Wasser bei niedriger Temperatur, setzt 2 g Glycerin und ausserdem 10 ccm Wasser hinzu, in welchem 0,05 g Aesculin [2] gelöst ist. Nachdem man diese Mischung durch Schafwolle filtrirt hat, begiesst man damit eine Glasplatte ziemlich dick und lässt am staubfreien Orte trocknen. Die Herstellung der Fluoresceïn-Platte geschieht auf genau die nämliche Weise, nur nimmt man an Stelle des Aesculins 0,02 g Fluoresceïn. Da die Gelatineschichten sich leicht verkratzen, so legt man eine Aesculin- und eine Fluoresceïn-Platte Schicht auf Schicht zusammen und verklebt die Ränder mit Papier. Das Aesculin bräunt sich mit der Zeit und muss dann durch eine neue Platte ersetzt werden.

[1]) Photographisches Wochenblatt 1890, No. 18 S. 143.

[2]) Aesculin und Fluoresceïn erhält man bei Schuchardt (Görlitz) in guter Beschaffenheit.

Da der Ort der Verbrennung bei den Mischungen des Magnesiumpulvers mit Sauerstoff abgebenden Körpern (vergl. S. 89) sich leichter feststellen lässt, als bei Pustlicht, letzteres auch geringere Intensität aufweist, so ist für Momentaufnahmen das gemischte Blitzpulver zu bevorzugen [1]. Für gelbempfindliche Platten wurde gelbes Blitzlicht nach Newcomb (S. 90) oder eine von Röhmann und Galewsky [2] angegebene Mischung des Magnesiumspulvers mit Barium und überchlorsaurem Kali empfohlen. Röhmann und Galewsky ersetzen wegen der geringeren Explosionsgefahr das chlorsaure Kali durch überchlorsaures; ihr Recept lautet folgendermassen:

Mischung A.

Fein pulvrisirtes Magnesium 9,6 g
Wasserfreies, überchlorsaures Kali 13,8 g.

Mischung B.

Wasserfreies, weinsaures Barium 5,7 g
Wasserfreies, überchlorsaures Kali 2,7 g.

Man mischt 10 Theile von A mit 1 Theil von B und setzt 0,5 g wasserfreies Kochsalz hinzu. Diese Mischung hält sich unverändert. Zur Exposition schüttet man 1—3 g derselben auf ein kleines Metallschälchen und entzündet mit folgendem Zündpulver:

1 Theil Milchzucker
2 Theile chlorsaures Kali.

Ob das gelbe Blitzlicht für den Mikrophotographen irgend welche Vorzüge vor dem gewöhnlichen Blitzlicht nach Gädicke-Miethe hat, müsste erst durch genauste Versuche festgestellt werden. Thatsache ist, dass bei allen Blitz-Pulvern, welche neben dem Magnesium andere Bestandtheile als chlorsaures Kali enthalten, die Verbrennung verhältnismässig langsam vor sich geht, und daher auch die Intensität eine weit geringere ist.

Beim Arbeiten mit Blitzlicht bleibt es das Beste, die in reichlichster Menge vorhandenen kurzwelligen Strahlen zu benutzen. Wegen der Armuth an gelbgrünen Strahlen können gelbgrüne Filter nur Nachtheile bringen. Für gefärbte Präparate ist dies Licht daher mit grossen Einschränkungen anzuwenden. Bei Einschaltung blauer Lichtfilter stellt man zweckmässiger Weise statt mit der Petroleumlampe mit einer Magnesiumlampe (S. 87) ein, da das Petroleumlicht zu wenig blaue Strahlen besitzt.

[1]) Die von Duncker hergestellten Momentaufnahmen lebender Infusorien waren mit Pustlicht gefertigt.

[2]) Nach einer persönlichen Mittheilung.

Die Intensität des Magnesiumblitzes ist eine so grosse, dass man selbst bei tausendfacher Linearvergrösserung mit einem einzigen Blitz gut durchexponirte Negative erhält, für welche bei Petroleumlicht eine Exposition von 4 bis 5 Minuten erforderlich wäre. Bei dicken und intensiv gefärbten Präparaten muss mehrmals geblitzt werden. Da die Blitzflamme völlig undurchsichtig ist und nur die Oberfläche derselben leuchtet, so bringt es keinen Vortheil, wenn man sehr viel Pulver auf ein Mal abbrennt.

Zu den Nachtheilen des Blitzlichtes gehört die Schwierigkeit, die zur Exposition nothwendige Lichtmenge genau zu dosiren. Manches Negativ ist mit einem Blitz unter- mit zwei Blitzen überexponirt. Lästig bleibt auch der starke Qualm. Wegen der überaus kurzen Expositionen gebe man sorgfältig darauf Acht, dass jede Erschütterung während des Blitzens vermieden wird. Sonst ist die Aufnahme unrettbar verloren.

Den Anfänger warnen wir dringend davor, mit Blitzlicht zu experimentiren. Die Gefahren des Verderbens der Aufnahmen sind hierbei weit grösser als bei Verwendung einer konstanten Lichtquelle.

Die Vortheile des kurzwelligen Magnesiumlichtes lassen sich erst dann voll ausnutzen, wenn uns die Optiker Systeme liefern, welche für ultraviolettes Licht korrigirt sind. Die Korrektion der Apochromate erstreckt sich nur bis zur H-Linie. Da aber die ultraviolette Region eine sehr breite ist, so könnte die Korrektion nur für eine bestimmte Zone derselben bewerkstelligt werden. Durch geeignete Lichtfilter müsste man dann die ausserhalb des Gebietes der Korrektion liegenden Abschnitte des ultravioletten Spektrums unschädlich machen. Es giebt also noch viel zu thun auf dem weiten Gebiete der Mikrophotographie.

Erklärung der Tafeln.

Auf vorliegenden Tafeln sind nur Aufnahmen mit mittelstarken und stärksten Objektiven wiedergegeben, da schwache Objektivvergrösserungen Schwierigkeiten nicht bieten. Tafel I und II gingen hervor aus der Lichtdruck-Anstalt von Kühl & Co. zu Frankfurt a. M., welche auf diesem Gebiete Hervorragendes leistet. Tafel III ist eine Photogravüre von Riffarth zu Berlin. Wie bereits früher bemerkt, geben Lichtdrucke (Albertypien) niemals alle Einzelheiten des Negativs in tadelloser Schärfe wieder. Was sich jedoch erreichen lässt, wurde von Kühl & Co. erreicht. Wer den Wunsch hat, vorliegende Drucke mit den Original-Kopien auf Chlorsilbergelatine-Papier zu vergleichen, kann letztere durch die Firma Klönne & Müller in Berlin (Luisen-Strasse 49) beziehen.

Die Aufnahmen wurden vom Verfasser ohne besonderen mikrophotographischen Apparat mit der durch ein Papprohr verlängerten Reise-Kamera gefertigt, nachdem letztere durch die in Figur 13 (Seite 21) dargestellte Vorrichtung mit einem gewöhnlichen Mikroskop in Verbindung gebracht war. Mikroskop und Kamera standen auf gesonderten Tischen. Als Verlängerung der Mikrometerschraube diente der in Figur 14 (Seite 22) abgebildete Schnurlauf. Die Bilder wurden nicht retuschirt. Die verwendeten Platten sind keine abziehbaren.

Tafel I.

Amphipleura pellucida. Vergr. 2000 linear. Auflösung in Querstreifen. Präparat von Möller in Wedel (Holstein). Einbettung in Zinnchlorür. Objektiv: Zeiss apochromat. Oel-Immersion 2 mm Brw., 1,40 Apertur und Projektions-Okular Nr. IV von Zeiss. Abbe'scher Beleuchtungsapparat. Zwischen Frontlinse des letzteren und Unterseite des Objektträgers eine Luftschicht. Schiefe Beleuchtung. Einfall der Strahlen parallel der mittleren Raphe der Diatomee. Sonnenlicht filtrirt durch dunkelblaue Kupferoxydammoniak-Küvette. Gewöhnliche Bromsilbergelatine-Platte von Sachs (nicht gelbempfindlich). Belichtung 3 Sekunden.

Das Negativ und die Silberkopien zeigen an den Enden der Doppel-Amphipleura mehr Einzelheiten als der Lichtdruck.

Tafel II.

Amphipleura pellucida. Vergr. 3500 linear. Auflösung in Wellenlinien und Perlen. Die Originalaufnahme geschah in 1800facher Vergrösserung. Um die feinen Einzelheiten deutlicher sichtbar zu machen, wurde das Negativ nachträglich vergrössert. Präparat von VAN HEURCK (Antwerpen). Einbettung in Realgar. Objektiv: ZEISS apochromat. Oel-Immersion 2 mm Brw., 1,40 Apertur und Projektions-Okular Nr. IV von ZEISS. ABBE'scher Beleuchtungsapparat. Zwischen Frontlinse des letzteren und Unterseite des Objektträgers eine Schicht Immersionsöl. Schiefe Beleuchtung. Einfall der Strahlen im spitzen Winkel gegen die mittlere Raphe der Diatomee. Sonnenlicht filtrirt durch dunkelblaue Kupferoxydammoniak-Küvette. Gewöhnliche Bromsilberplatte von SACHS (nicht gelbempfindlich). Belichtung 8 Sekunden. Die längere Belichtung war erforderlich in Folge der grünlichen Färbung des einbettenden Mediums. Die auf einzelnen Querstreifen sichtbaren Perlen treten im Silberbilde deutlicher hervor.

Cholera asiatica mit Geisseln. Vergr. 1000 linear. Präparat vom Verfasser. Geisselfärbung nach LÖFFLER: Beizung mit Ferrotannat-Kampecheholzlösung und nachfolgende Färbung mit alkalischem Anilinfuchsin. Einbettung in Kanadabalsam. Objektiv: HARTNACK's apochromat. Oel-Immersion 2 mm Brw., 1,35 Apertur. Projektions-Okular Nr. II von ZEISS. Kondensor von HARTNACK ohne Blende. Petroleumlicht ohne Lichtfilter. Erythrosin-Badeplatte (Platte von SACHS). Belichtung 5 Minuten.

Tafel III.

Schnitt durch das CORTI'sche (Gehör-) Organ vom Meerschweinchen. Vergr. 200 linear. Präparat von Dr. L. KATZ. Färbung mit Rosanilin. Einbettung in Kanadabalsam. Objektiv: Trockensystem Nr. VII von HARTNACK (altes System aus dem Jahre 1876) und Okular Nr. II von HARTNACK, verlängert nach der vom Verfasser angegebenen Methode (s. S. 53). Beleuchtung mit achromatischer Sammellinse (2 unmittelbar neben einander befestigte Frontlinsen eines Opernglases). Petroleumlicht ohne Lichtfilter. Erythrosin-Badeplatte (Platte von SACHS). Belichtung 5 Minuten.

Namen-Verzeichnis.

Abbe 42. 43. 45. 51. 66. 111. 113. 115. 147. 152. 155. 158. 162.
Adie 42.
Albert 176. 248.
Amici 54. 112. 155.
Anschütz 148.
Archer 174.
Arning 259.
Auer 98.

v. Babo 164. 169.
Barlow 45.
Barreswil 61. 223.
de Bary 252.
Behrens 41. 155.
Benecke 10. 13. 14. 19. 20. 39. 120. 145. 187. 188. 223. 250. 252.
Berres 247.
Bertsch 56. 145. 248.
Bézu, Hausser & Co. 20.
Birnbaum 253.
Blackie 42.
Bonannus 112.
Bourmans 146.
Brewster 59. 107. 112. 119.
Burstert und Fürstenberg 257.

Capranica 147. 148. 149. 150. 152. 180. 233. 234. 260.
Carlevais 96.
Carpenter 247. 248.
Castracane 58.
Cherubin 158.
Chevalier 42.
Children und Collins 95.
Cohen 253.
Crookshank 69. 256. 257.

Daguerre 1. 173.
Davy 1. 2. 47. 173.
Desprats 174.
Dippel 41. 74. 102. 117. 153. 158. 235. 250.
Dollond 117.
Donné 1. 83. 93. 172. 247.
Drummond 93.
Dubosq 83. 163.
Dujardin 112.
Duncker 261. 263.

Eder 97. 177.
Engelmann 86.
van Ermengem 255.
Errera 148.

Fehling 61. 62.
Fizeau 173. 223.
Flesch 87.
Foucault 83. 93. 152. 247.
Francotte 28.
Fraenkel und Pfeiffer 111. 178. 238. 246. 257.
Fritsch 14. 15. 16. 18. 19. 20. 21. 23. 28. 34. 68. 69. 87. 122. 141. 159. 167. 169. 170. 176. 241. 250. 251.

Gaedicke und Miethe 89. 90. 146. 263.
Galewsky 261. 263.
Gerlach 4. 5. 7. 19. 68. 69. 118. 153. 223. 248. 249.
Grimm 253. 254.
Günther, C. 176. 252.
Günther, Dr. 256.
Gundlach 50. 66. 252.

Harting 8. 9. 54. 56. 108.
Hartnack 32. 33. 47. 49. 55. 59. 62. 65. 70. 79. 152. 225. 266.
Hartsöcker 112.
Hauer 257.
Heeger 248.
Hefner-Alteneck 83.
Helwig 249.
Hessling 248.
van Heurck 10. 49. 68. 84. 86. 133. 254. 266.
His 142.
Hodgson 248.
Hooke 17.
Huxley 248.

Israel 142. 254.

James 88.
Jeserich 23. 93. 123. 124. 172. 246. 256.

Katz 226. 259. 266.
Kingsley 248.
Kitt 227. 256.
Klönne & Müller 23. 36. 60. 227. 239. 259. 265.
Koch 15. 17. 50. 69. 113. 115. 120. 122. 133. 176. 236. 237. 240. 241. 244. 245. 246. 251. 252. 255. 257.
Kochs-Wolz 108.
König 256.
Kollmann 248. 253.
Koppmann & Co. 210.
Kühl & Co. 229. 265.
Kupffer 252.

Leeuwenhoek 137.
Leister 99.
Lemaitre 223.
Lemercier 223.
Letzerich 252.
Lieberkühn 137.
Linnemann 97. 98.
Löffler 225. 244. 245. 258. 259. 266.

Marktanner - Turneretscher 147. 171.
Mayer 2. 3. 4. 5. 48. 248. 253.
Meyer, O. E. 87.
Miethe 63. 89. 90. 262.
Möller, Dr. H. 6.
Möller (in Wedel) 71. 239. 265.
Möller und Emmerich 10. 12.
Moitessier 10. 11. 12. 13. 19. 64. 83. 87. 119. 120. 121. 122. 136. 137. 145. 153. 159. 164. 167. 170. 171. 188. 223. 249. 250.
Moll 100.
Müller, M. J. C. 257.
Müller, Otto 250. 251.

Nachet 30. 137. 138. 146. 147. 161. 163. 248. 250.
Neuhauss 22. 244.
Newcomb 90. 263.
Niepce de St. Victor 174. 223.

Oberhäuser 42.
Obernetter 230. 258.

Perutz 178. 181.
Pfeiffer 133.
Plagge 255.
Plössl 42. 48.
Poggendorff 86.
Pohl und Weselsky 3. 4. 11. 12. 18. 19. 48. 68. 141. 153. 248.
Powell & Leeland 113.
Prager 252.
Prazmowski 59.
Pritchard 42.

Radiguet 86.
Reeves 56.
Reichardt u. Stürenburg 18. 20. 49. 57. 58. 82. 121. 250.
Reichert 36.
Riddel 160.
Riedel 88. 255.
Riffarth 225. 226. 227. 265.
Röhmann 261. 263.
Römmler & Jonas 251. 252.
Rood 12. 19.
Ross 112.
Roux 96.
Russel 175.

Sachs 65. 178. 265. 266.
Schauenburg 253.
Schiff 250.
Schippang & Wehenkel 178.
Schirm 88.
Schmidt & Hänsch 98. 139.
Schott 45. 66.
Schuchardt 178. 262.
Schultz - Sellack 176.
Seibert & Krafft 16. 50. 66. 241.
Shadbolt 56. 248.
Siemens 83. 93.
Stearn 84. 85.
Stegemann 142.
Stein 3. 19. 84. 85. 253. 254.
Steinheil 55. 142. 226.
Stenglein 23. 90. 142. 146. 255. 260.
Stirn 149.
Stolze 220.

Talbot 173. 223. 247.
Taupenot 174.
Thelen 252.
Tolles 51.
Traer 56.
Troup 255.
Truan und Witt 257.
Tschermack 253.

Viguier 147.
Vogel 55. 176.

Waldeyer 253.
Wales 50. 66.
Walmsley 21.
Wedding 139.
Wenham 58. 93. 100. 137. 139. 248.
Wheatstone 159.
Wigand 254.
Winkel 37.
Wolff 253.
Wollaston 112.
Woodward 29. 30. 50. 51. 253. 254.

Zeiss 21. 24. 28. 31. 32. 34. 35. 36. 38. 43. 45. 47. 49. 51. 54. 66. 70. 72. 73. 78. 83. 84. 113. 115. 125. 130. 133. 141. 153. 158. 171. 188. 225. 255. 265. 266.
Zenger 45.
Zettnow 63. 70. 176. 177. 178.
Zimmermann 254.
Zürn 252.

Sach-Verzeichnis.

Abbe's Beleuchtungsapparat 113. 138.
— Mikrospektroskop 155.
— Polarisationsapparat 153.
— stereoskopisches Okular 163.
Abbildungsvermögen 43.
Abdecken des Gesichtsfeldes 207.
Ablagern des Apparats 184.
Abschwächung 197.
Absorption der Wärmestrahlen 78.
Absorptionsküvetten 60.
Abziehbare Trockenplatten 230.
Achromasie 45.
Achromatischer Kondensor 113. 115. 130.
Addition der Lichteindrücke 244.
Aesculin-Filter 63. 262.
Alauniren 196. 217.
Albertypie 224. 229.
Albuminpapier 212.
Aluminiumlicht 91.
Amici's Geradsichtsprisma 155.
— ausziehbares Okular 54.
Amphipleura pellucida 69. 133. 191. 235. 258. 265. 266.
Amplifier von Woodward 51.
Analysator 153.
Ångström'sche Skala 155.
Anlauffarben von Eisenflächen 139.
Apertur 42.
Apochromate 47. 50.
Aristo-Papier 213.
Auer's Glühlicht 98.
Aufkleben 218.
Aufquetschen 217.
Aufstellung des Apparats 38. 80.
Augenblicksaufnahmen 145. 189. 261.
Autotypie 224.

Badeplatten 178.
Balgen-Länge und Weite 32.
Bedeutung der Mikrophotographie 239.
Begrenzungsvermögen 44.
Beleuchtung 102.
— mit Mikroskopobjektiven 113. 122.
— mit auffallendem Licht 136.
Beleuchtungsapparate 111.
Belichtung der Platte 181.
Belichtungszeit 185.
Benecke's Apparat auf parallaktischem Stativ 13.
— Kassette für 8 Aufnahmen 10.
— transportables Arbeitshäuschen 39.
Bengalisches Licht 100.
Benzolin-Kalklicht 96.
Berechnung der Vergrösserung 70.
Beurtheilung des Negativs 201.
Bewegliche Objekte 236.
Binokuläres stereoskopisches Okular 148.
Blenden 104. 107.
Blendung der Netzhaut 243.
Blitzlicht 88. 261.
Bogenlicht 82.
Bromkali 196.
Bromsilber-Papier 144. 200. 220.
Bromsilber-Trockenplatten 175.

Celluloid-Films 181.
Centrale Beleuchtung 74.
Centrirung 116. 122. 125.
Chinin-Filter 63.
Chlormagnesiumlicht 96.
Chlorsilber-Celloidin-Papier 219.
Chlorsilber-Gelatine-Papier 213.
Chlorsilber-Gelatine-Platten 210. 221.
Chlorsilber-Kollodium-Papier 213.
Chromalaun 217.
Chromatische Abweichung 44.
Chromatische Differenz der sphärischen Abweichung 45.

Daguerreotypie 173.
Davy's Verfahren 47.

Definition 44.
Diamantlinsen 42.
Diapositiv 209. 220.
Diatomeen-Aufnahmen 131.
Diatomeen-Typenplatten 239.
Diffraktionssäume 81. 110. 135. 205.
Diffuses Tageslicht 81.
Drummond'sches Kalklicht 93.
Dubosq'sche Lampe 83.
Dujardin's Kondensor 119. 122.
Dunkelfeldbeleuchtung 138.
Dunkelkammer 191.
Duplikatnegative 210. 230.
Durchmesser des Bildes auf der Platte 73.

Eastman-Papier 144. 200. 220.
Ebonitplatten 217.
Éclairage à fond noir 138.
Eikonogen-Entwickler 193.
Einbettende Medien 235.
Einstellung 181.
Einstellupe 15. 19. 20.
Einstellscheiben 19.
Eisenblaupapier 220.
Eiweissverfahren 174.
Elektrisches Bogenlicht 82.
— Glühlicht 84. 109.
Embryonale Schnittreihen 142.
Emulsion 174.
Entwicklung 191.
Eosin 177. 178
Eosinsilber-Platten 178.
Erythrosin-Platten 63. 177. 178. 238.
Ermüdung des Auges 243.
Erschütterungen 183. 202.

Farbenempfindliche Platten 177.
Farbige Gläser 60.
Fehling'sche Lösung 61.
Filter 64.
Filz-Unterlagen 39.
Finder 36.
Fixirbad 197. 216.
Fluorescein-Filter 262.
Flussspath-Linsen 46.
Fokus-Differenz 55. 62. 66. 201.
Fraunhofer'sche Linien 74. 157.
Fritsch's Apparate 14. 16.

Galvanos 223.
Gaslicht 93.
Gelatine-Häutchen 181.
Gelbes Magnesium-Blitzlicht 90. 263.
Geradsichtsprisma 155.
Gerben 217.
Gerlach's Apparate 4. 7.
Glanzlichtdruck 230.
Gleichmässige Helligkeit 127. 203.
Glühlicht 84. 98. 136.
Grösse des Lichtpunkts 76.

Halbe Blendung 159. 250.
Haltbare Papiere 213.
Harting's Apparat 8.
Hefner-Alteneck'sche Kontaktlampe 83.
Heisssatiniren 219.
Heliogravüre 223.
Heliostat 31. 79.
Hohlspiegel 103.
Hooke'scher Schlüssel 17. 19. 21. 25. 28. 33. 202.
Hydrochinon-Entwickler 193.
— -Filter 63.

Intensität 75. 76.
Irisblende 116.

Jod-Filter 78.

Käufliche Präparate 239.
Karbonisiren des Leuchtgases 96.
Kassetten 10. 149. 171. 188.
Kipp'scher Entwicklungsapparat 94.
Klärbad 221.
Klönne & Müller's Apparat 23.
Koch's trichterförmiges Ansatzstück 16.
Kochs-Wolz'sche Lampe 108.
Kollodiumverfahren 174.
Kompensations-Okulare 52.
Kondensoren 106. 112.
Konkavspiegel 103.
Kontaktlampe 83.
Konvexlinsen 106.
Kostenpunkt 31.
Künstliche Lichtquellen 82.
Küvetten 59.
Kupferchromfilter 63. 77. 180.
Kupferlichtdruck 223. 228.
Kupferoxydammoniak-Filter 62.

Lackiren 197.
Leistungsfähigkeit der Mikrophotographie 243.
Lichtdichte Verbindung zwischen Kamera und Mikroskop 18. 21.

Lichtdruck 222. 224. 229.
Lichtquelle 74.
Lichtsteindruck 224. 229.
Lieberkühn'scher Spiegel 137.
Ligroïn-Lampe 99.
Linnemann's Brenner 97.

Magnesialicht 97.
Magnesiumlicht 87. 89. 101. 261.
Markirapparat 37.
Matte Scheibe 19. 120. 122. 127. 222.
Mayer's Photomikroskop 2.
Mikrometerschraube 34.
Mikrophotogramme 247.
Mikrophotographischer Apparat von Benecke 13.
— — Capranica 148.
— — Francotte 28.
— — Fritsch 14.
— — Gerlach 4. 7.
— — Harting 8.
— — His 143.
— — Israel 142.
— — Klönne & Müller 23.
— — Mayer 2.
— — Möller 6.
— — Möller & Emmerich 10.
— — Moitessier 10.
— — Nachet 30. 146.
— — Neuhauss 7. 32.
— — Pohl und Weselsky 3.
— — Reichardt und Stürenburg 18.
— — Rood 12.
— — Stegemann 142.
— — Stenglein 142.
— — Zeiss 24. 31.
Mikrophotographisches Mikroskopstativ von Zeiss 24.
Mikroskopirlampen 108.
Mikroskopstativ 33.
Mikrospektroskop 155.
Modell Francotte 28.
Möller und Emmerich's Apparat 10.
Möller's Apparat 6.
Moitessier's Apparate 10.
Momentaufnahmen 145. 189. 261.

Nachet's Apparat 30. 146.
Nachträgliche Vergrösserung des Negativs 67. 209.
Nasse Platten 174.
Negatives Bild 171.
Negativ-Papier 173. 180.
Negativ-Retusche 205.
Neuhauss' Apparate 7. 32.
— Projektions-Okular 53.
— Sensitometer-Versuch 65.
Neuhauss' Verlängerung der Mikrometerschraube 22.
Numerische Apertur 42.

Oberlicht 126.
Obernetter's Glanzlichtdrucke 230.
Objektive und Okulare 41.
Objektivität des Photogramms 242.
Objekttisch, beweglicher 36.
Objektträger 234.
Öffnungswinkel 41.
Okulare 48.
Orthochromatische Platten 63. 176.

Papier-Kopie 212.
Parallaktisches Stativ nach Benecke 13.
Parallele Strahlen 105. 118.
Pendelobjekttisch 36.
Penetration 43.
Petroleumlicht 91. 101. 131. 190.
Phosphor-Licht 100.
Photographische Objektive 50.
Photogravüre 223. 265.
Photolithographie 229.
Pikrin-Filter 63.
Planspiegel 103.
Platin-Papier 220.
Pleurosigma angulatum 132.
Pohl und Weselsky's Apparat 3.
Polarisator 152.
Polarisirtes Licht 152.
Positives Bild 212.
Positiv-Retusche 231.
Präparate 186. 232.
Prazmowski's Prisma 59.
Prisma mit totaler Reflexion 3. 12.
Projektion des Bildes 47.
Projektion des Bildes der Lichtquelle in die Objektebene 119. 127.
Projektions-Okulare 51. 53.
Pustlicht 88. 263.
Pyrogallus-Soda-Entwickler 193.

Reflexe 32.
Reichert's beweglicher Objekttisch 36.
Retusche 205. 231.
Rollkassetten 149.
Rood's Apparat 12.
Rothe Scheiben 192.
Ruhe des Lichts 76.

Sammellinse 123. 129.
Satiniren 219.
Schiefe Beleuchtung 74. 108. 121.

Schleier 203.
Schlitten-Objektivwechsler 36.
Schnurlauf-Übertragung 21. 22. 23.
Schrägstellung der Kassette 172.
Schusterkugel 60. 129.
Sensitometer-Versuch von Neuhauss 65.
Serien-Moment-Aufnahmen 148.
Solarisation 210.
Sonnenlicht 77. 81. 190.
Sonnenmikroskop 1.
Spektropolarisator 158.
Spektroskopische Aufnahmen 155.
Spektroskopische Prüfung der Farben 237.
Sphärische Abweichung 44. 117.
Spiegel 79. 80. 103.
Spontane Veränderung der Einstellung 33. 183.
Stahldruck 223.
Steigerung der Vergrösserung durch die Photographie 67.
Steinheil's Antiplanet 143.
— Aplanat 55. 143. 226.
Stereoskopische Aufnahmen 158.
Stereoskopisches Okular 147. 162.
Stereoskopische Wippe 120. 164. 172.

Tiefenzeichnung 43. 110.
Tonen 215.
Tonfixirbad 217. 220.
Totale Reflexion 3. 12. 137.
Transparentpositiv 220.
Trennung von Mikroskop und Kamera 18. 23.
Trocken eingelegte Objekte 235.
Trockenkasten 179.
Trockenplatten 174.
Tubuslänge 48.
Turisten-Kamera 32.

Ueberexposition 196.
Ultraviolette Strahlen 63. 78. 243. 262.
Ungleiche Helligkeit des Gesichtsfeldes 202.
Universalapparat von Fritsch 16.
Unscharfe Randzone 201.
— Umrisse 201.

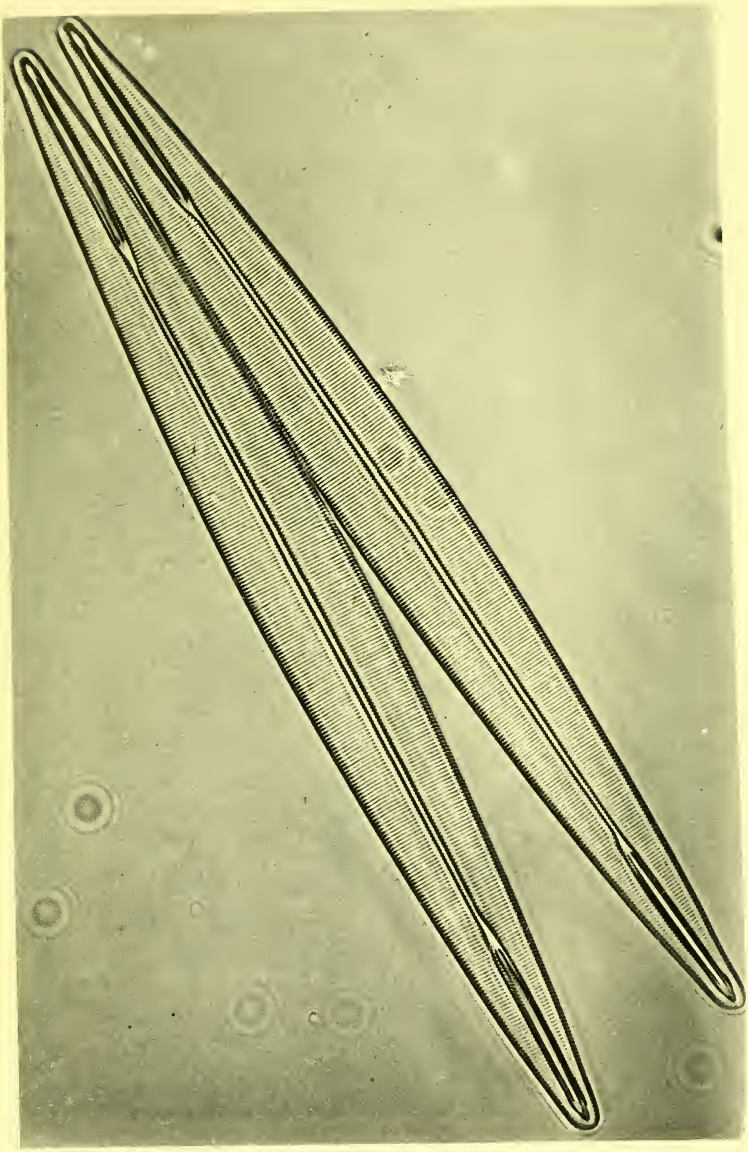
Verdunklung des Gesichtsfeldes 182.
Vergrösserung 67.
— des Negativs 67. 208.
Verlängerung der Mikrometerschraube 19. 21. 22.
Verstärkung 198.
Vertikale Apparate 142.
Verziehen des Mikroskops 183.
Vogel-Obernetter'sche Eosinplatten 178.

Wahl der Vergrösserung 69.
Waschen 215.
Wasserstoff 94.
Wellenlänge 74.
Wölbung des Gesichtsfeldes 110.
Woodward's Amplifier 51. 252.
— Zimmer-Apparat 29.

Zeiss' mikrophotographisches Mikroskop 25.
— mikrophotographische Apparate 25.
— Schlitten-Objektivwechsler 35.
Zettnow'scher Filter 63. 77. 180. 238.
Zimmerapparat von Woodward 29.
Zinkklischees 225.
Zinklichtdruck 224.
Zink-Sauerstoff-Licht 91.
Zirkonlicht 97.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

Tafel I.

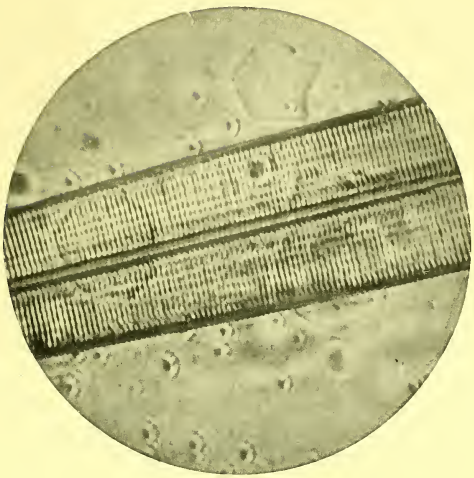


Amphipleura pellucida. $\frac{2000}{1}$.

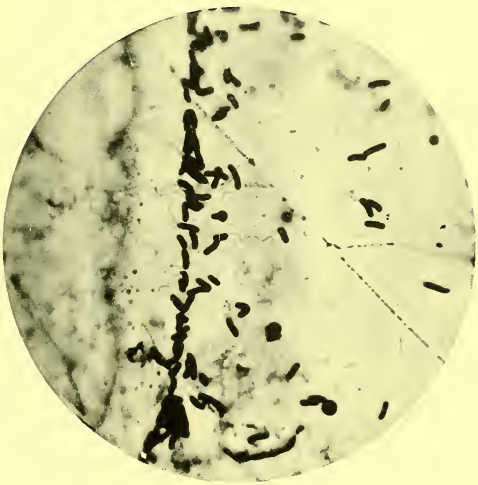
Aufgen. von Dr. R. Neuhauss.

Verlag von Harald Bruhn, Braunschweig. Lichtdruck von Kühl & Co., Frankfurt a. M.

Tafel II.



Amphipleura pellucida. $\frac{3500}{1}$.



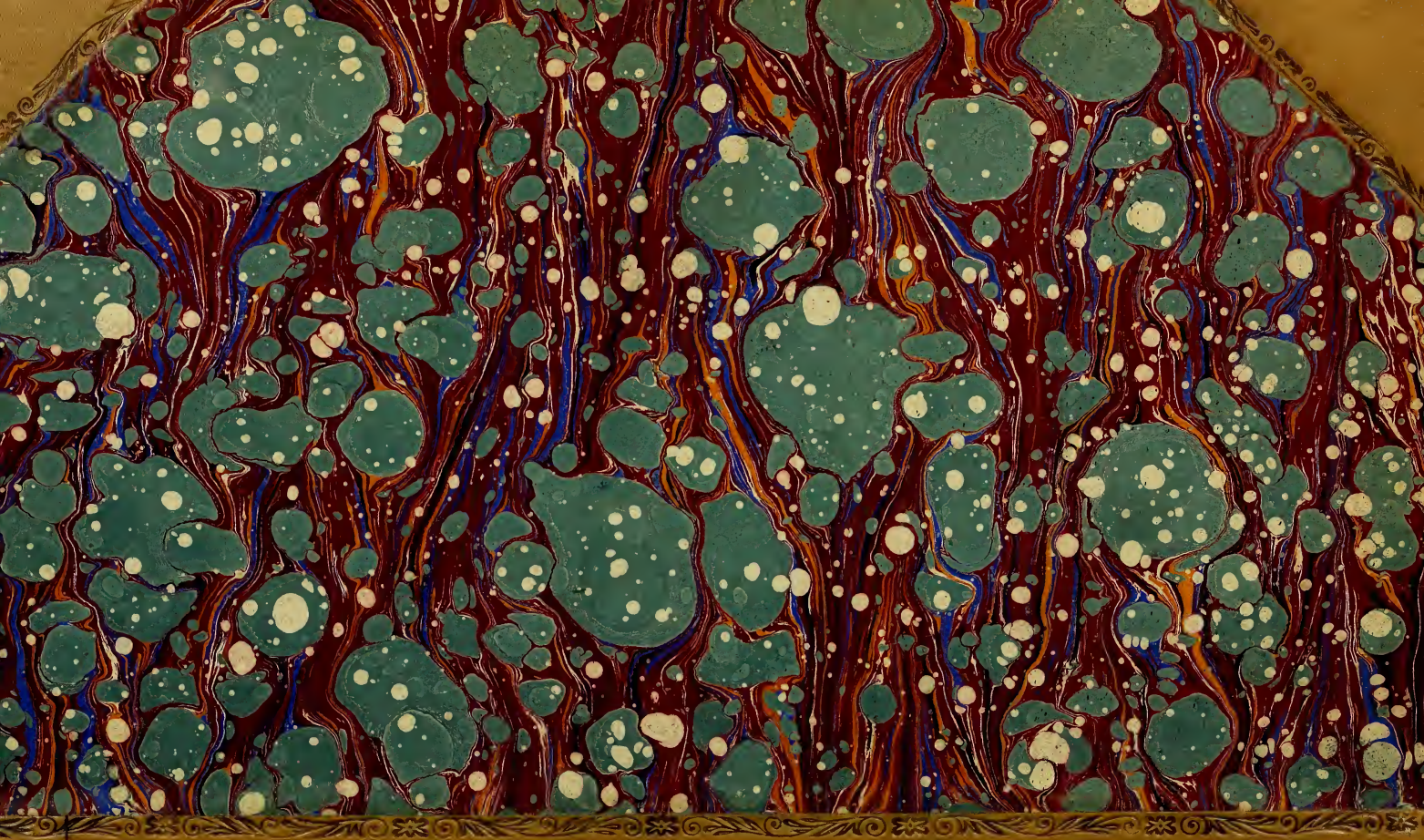
Bacillen der asiatischen Cholera mit Geisseln. $\frac{1000}{1}$.

Aufgen. von Dr. R. Neuhauss.

Verlag von Harald Bruhn, Braunschweig. Lichtdruck von Kühl & Co., Frankfurt a. M.

Tafel III.

Corti'sches Organ vom Meerschweinchen. $\frac{200}{1}$.

Aufgen. v. Dr R. Neuhauss.

Verlag von Harald Bruhn, Braunschweig. Photogravure u. Druck: H. Riffarth, Berlin.